

**IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE INGENIERÍA CONCURRENTE PARA EL  
DESARROLLO DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN Y  
MANDO DE DATOS CON PROTOCOLO LIBRE ASCII EN AMBIENTE  
INDUSTRIAL**

**ALEJANDRO TEJADA RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELÉCTRONICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2008**

**IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE INGENIERÍA CONCURRENTE PARA EL  
DESARROLLO DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN Y  
MANDO DE DATOS CON PROTOCOLO LIBRE ASCII EN AMBIENTE  
INDUSTRIAL**

**ALEJANDRO TEJADA RODRÍGUEZ**

**Pasantía para optar el título de  
Ingeniero Mecatrónico**

**Director**

**ADOLFO ORTIZ ROSAS  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2008**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Mecatrónico .

BERNARDO SABOGAL

Jurado.

Ing. JOHNNY POSADA

Jurado.

Santiago de Cali, 15 de Octubre del 2008

Dedico este trabajo especialmente a mi familia por todo el apoyo y paciencia que me han brindado a lo largo de mi vida académica, es un honor dedicarles este trabajo a los profesores que me han brindado su apoyo, dedicación, conocimientos, experiencias y formación, aclaro con orgullo que esta formación no solo ha sido como profesional, sino que dicha formación también ha sido como persona.

Deseo dedicar este trabajo cordialmente a la empresa KAMATI Ltda. Por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente. De poder en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de mi educación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo dar las gracias a todos los que creyeron en mí, en mis conocimientos y en mis habilidades.

Agradezco especialmente al Ingeniero Adolfo Ortiz Rosas por ser mi tutor y maestro en este proyecto, agradezco por sus consejos, por su apoyo y por su amistad.

Agradezco especialmente al Ingeniero Héctor Fabio Rojas por su colaboración en el desarrollo del proyecto de grado, agradezco por sus consejos y por su amistad.

Agradezco cordialmente al Ingeniero Helmer Muñoz por brindarme la oportunidad de pertenecer a la familia de KAMATI Ltda. Agradezco la oportunidad de desarrollar mis habilidades, fortalecer y adquirir nuevos conocimientos.

Agradezco a mi familia por darme la oportunidad de ser Ingeniero Mecatrónico, les doy las gracias por ayudarme a cumplir mis metas, por tenerme paciencia y les agradezco por quién soy.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>GLOSARIO.</b>	<b>16</b>
<b>RESUMEN.</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>18</b>
<b>1. OBJETIVO GENERAL.</b>	<b>19</b>
<b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</b>	<b>20</b>
<b>3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MERCADO Y DE ANTECEDENTES TECNOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA TARJETA.</b>	<b>21</b>
<b>3.1. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN.</b>	<b>21</b>
<b>3.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.</b>	<b>22</b>
<b>3.3. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL DISPOSITIVO.</b>	<b>22</b>
<b>3.3.1. Relación de las métricas con las necesidades.</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2. Antecedentes.</b>	<b>24</b>
<b>3.3.3. Evaluación de satisfacción de las necesidades del cliente en productos competidores. (Benchmarking)</b>	<b>25</b>
<b>3.3.4. Evaluación de métricas en productos competidores.</b>	<b>26</b>
<b>3.3.5. Asignación de valores ideales y marginales.</b>	<b>27</b>
<b>3.3.6. Especificaciones preliminares del dispositivo.</b>	<b>28</b>
<b>3.3.7. Casa de las calidades. (HOQ o QFD).</b>	<b>29</b>
<b>4. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO CONCURRENTES PARA EL DESARROLLO DE LA DISPOSITIVO.</b>	<b>31</b>

	<b>Pág.</b>
<b>4.1. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.</b>	<b>31</b>
4.1.1. Clarificación del problema.	31
4.1.1.1. Descripción del producto.	31
4.1.1.2. Necesidades.	31
4.1.2. Especificaciones.	32
4.1.2.1. Búsqueda externa.	33
4.1.2.2. Búsqueda interna.	33
4.1.3. Árbol de clasificación de conceptos.	34
4.1.4. Tabla de combinación de conceptos.	34
4.1.5. Conceptos.	35
<b>4.2. SELECCIÓN DE CONCEPTOS.</b>	<b>36</b>
4.2.1. Tamizaje de conceptos.	37
4.2.2. Matriz de evaluación de conceptos.	38
<b>4.3. PRUEBA DE CONCEPTOS.</b>	<b>39</b>
4.3.1. Propósito de la prueba.	39
4.3.2. Población a encuestar.	39
4.3.3. Forma de la encuesta.	39
4.3.3.1. Descripción del producto.	39
4.3.3.2. Preguntas.	39
4.3.3.3. Realizar otras preguntas y/o comentarios finales.	39
4.3.3.4. Marcar las intenciones de compra.	40

	<b>Pág.</b>
4.3.3.5. Dar las gracias y finalizar la encuesta.	40
4.3.4. Interpretación de los Resultados.	40
4.4. ESPECIFICACIONES FINALES.	40
4.5. DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO.	41
4.5.1. Interacciones fundamentales.	42
4.5.2. Interacciones incidentales.	43
4.5.3. Descomposición más interacciones	43
4.5.4. Arquitectura en cada nivel.	44
4.5.5. Arquitectura del sistema mecánico.	44
4.5.6. Arquitectura del sistema electrónico.	44
4.5.7. Arquitectura del sistema de control.	45
4.6. DISEÑO INDUSTRIAL.	45
4.6.1. Evaluación de las necesidades ergonómicas.	45
4.6.2. Evaluación de las necesidades estéticas.	46
4.6.3. Evaluación del nivel de importancia del DI.	46
4.6.4. Dirección del proceso del DI.	47
4.6.5. Evaluación de la calidad del DI.	48
4.6.5.1. Calidad de las interfaces de usuario.	48
4.6.5.2. Requerimientos emocionales.	49
4.6.5.3. Facilidades de mantenimiento y reparación.	49
4.6.5.4. Uso apropiado de recursos.	49



	<b>Pág.</b>
<b>4.6.5.5. Diferenciación del producto.</b>	<b>50</b>
<b>4.6.6. Valoración de la calidad del DI.</b>	<b>50</b>
<b>4.7. DISEÑO PARA MANUFACTURA.</b>	<b>51</b>
<b>4.7.1. Procedimiento de ensamble.</b>	<b>51</b>
<b>4.7.2. Tabla de partes.</b>	<b>52</b>
<b>4.7.3. Propuesta de rediseño.</b>	<b>54</b>
<b>4.8. PROTOTIPADO.</b>	<b>55</b>
<b>4.8.1. Prototipado analítico final.</b>	<b>55</b>
<b>4.8.2. Clasificación del prototipado final.</b>	<b>57</b>
<b>4.8.3. Técnica de prototipado aplicada.</b>	<b>57</b>
<b>4.8.4. Conclusiones parciales del prototipado.</b>	<b>57</b>
<b>4.9. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO.</b>	<b>58</b>
<b>4.10. DISEÑO DETALLADO.</b>	<b>58</b>
<b>4.10.1. Modulo discreto de salidas.</b>	<b>59</b>
<b>4.10.2. Modulo discreto de entradas.</b>	<b>63</b>
<b>4.10.3. Modulo análogo de entradas.</b>	<b>67</b>
<b>4.10.4. Protocolo de comunicación.</b>	<b>71</b>
<b>4.10.4.1. Trama de inicialización.</b>	<b>71</b>
<b>4.10.4.2. Trama de pregunta Tipo “O”.</b>	<b>72</b>
<b>4.10.4.3. Trama de pregunta Tipo “I”.</b>	<b>72</b>
<b>4.10.4.4. Trama de pregunta Tipo “A”.</b>	<b>73</b>

	<b>Pág.</b>
<b>4.10.5. Planos mecánicos (Caja).</b>	<b>73</b>
<b>4.10.6. Vista en explosión.</b>	<b>76</b>
<b>5. RESULTADOS DE PRUEBAS DEL PROTOTIPO.</b>	<b>77</b>
<b>6. MANUAL DE USUARIO.</b>	<b>78</b>
<b>7. CONCLUSIONES.</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>87</b>

## **LISTA DE TABLAS.**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Identificación de necesidades.</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 2. Especificaciones preliminares del producto.</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3. Relación de las métricas con las necesidades.</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 4. Benchmarking.</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 5. Evaluar métricas en productos competidores.</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 6. Asignar valores ideales y marginales.</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 7. Especificaciones preliminares del dispositivo.</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 8. Tamiz de conceptos.</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 9. Matriz para evaluar conceptos.</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 10. Especificaciones finales.</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 11. Tabla de partes para modulo de salidas discretas.</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 12. Tabla de partes para modulo de entradas discretas</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 13. Tabla de partes para modulo de entradas analógicas</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 14. Trama de inicialización.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 15. Trama de pregunta Tipo “O”.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 16. Trama de pregunta Tipo “I”.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 17. Trama de pregunta Tipo “A”</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 18. Selección de dirección.</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 19. (Ejemplo dirección de los módulos.)</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. QFD.	30
Figura 2. Sistema.	32
Figura 3. Sistema de adquisición de datos.	33
Figura 4. Árbol de clasificación de conceptos.	34
Figura 5. Combinación de conceptos.	35
Figura 6. Caja con Riel din32.	35
Figura 7. Caja con tornillos.	36
Figura 8. Arquitectura de producto.	42
Figura 9. Interacciones Fundamentales.	42
Figura 10. Interacciones Incidentales.	43
Figura 11. Descomposición + Interacciones.	44
Figura 12. Evaluación del nivel de importancia del DI.	47
Figura 13. Dirección del proceso de DI.	47
Figura 14. Valoración de la calidad del DI.	51
Figura 15. Prototipos virtuales.	55
Figura 16. Prototipo final vista en ISO.	56
Figura 17. Prototipo final vista en caras.	56
Figura 18. Prototipo Físico.	57
Figura 19. Board base sd.	60
Figura 20. Board base esquemático sd.	60

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 21. Board mitad sd.</b>	<b>61</b>
<b>Figura 22. Board mitad esquemático sd.</b>	<b>61</b>
<b>Figura 23. Board up sd.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 24. Board up esquemático sd.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 25. Board led sd.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 26. Board led esquemático sd.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 27. Board base ed.</b>	<b>64</b>
<b>Figura 28. Board base esquemático ed.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 29. Board mitad ed.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 30. Board mitad esquemático ed.</b>	<b>66</b>
<b>Figura 31. Board led ed.</b>	<b>66</b>
<b>Figura 32. Board led esquemático ed.</b>	<b>67</b>
<b>Figura 33. Board base an.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 34. Board base esquemático an.</b>	<b>69</b>
<b>Figura 35. Board mitad an.</b>	<b>69</b>
<b>Figura 36. Board mitad esquemático an.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 37. Board up an.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 38. Board up esquemático an.</b>	<b>71</b>
<b>Figura 39. Plano BASE.</b>	<b>74</b>
<b>Figura 40. Plano TAPA.</b>	<b>75</b>
<b>Figura 41. Vista en Explosión.</b>	<b>76</b>

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 42. (Seguro del modulo.)</b>	<b>78</b>
<b>Figura 43. (Conexión del modulo de salidas discretas.)</b>	<b>80</b>
<b>Figura 44. (Conexión del modulo de entradas discretas.)</b>	<b>80</b>
<b>Figura 45. (Conexión del modulo de entradas análogas.)</b>	<b>81</b>
<b>Figura 46. (Cable de comunicación.)</b>	<b>82</b>
<b>Figura 47. (Niveles del RS232)</b>	<b>82</b>
<b>Figura 48. (Ventana principal.)</b>	<b>84</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A. Código de programa del modulo de salidas discretas.</b>	<b>87</b>
<b>Anexo B. Código de programa del modulo de entradas discretas.</b>	<b>91</b>
<b>Anexo C. Código de programa del modulo de entradas discretas.</b>	<b>95</b>

## **GLOSARIO.**

**ADC:** conversor análogo a digital.

**ASCII:** código estadounidense estándar para el intercambio de información.

**BAUD:** unidad informática que se utiliza para cuantificar el número de cambios de estado, o eventos de señalización, que se producen cada segundo durante la transferencia de datos.

**CMOS:** semiconductor complementario de oxido metálico.

**MICRO-CONTROLADORES:** es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, memoria y unidades de E/S.

**MODBUS:** es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor.

**PC:** computadora personal.

**PLC:** controlador lógico programable.

**PROFIBUS:** es un bus de campo industrial utilizado en ámbito de automatización industrial.

**STRING:** cadenas de caracteres.

**TTL:** lógica transistor a transistor.

**WAT:** es la unidad de potencia del sistema internacional de unidades.



## **RESUMEN.**

En el siguiente informe se expondrá detalladamente las características del proyecto. Se mostrará las necesidades, el problema, las posibles soluciones propuestas para resolver dicho problema de la empresa KAMATI LTDA. Se realizaron las fases de planeación, diseño conceptual, diseño a nivel de sistema y por último la etapa de diseño detallado. Se analizaron aspectos como la arquitectura del producto y el diseño industrial. Durante el desarrollo del proyecto se realizaron varios prototipos virtuales mediante la herramienta CAD como EAGLE y Solid Edge, que nos permite realizar modelaciones en 2D y 3D. Para mostrar la funcionalidad del dispositivo, se construyo un prototipo físico, el cual lo clasificamos como tipo beta, ya que es una aproximación del producto final.

## **INTRODUCCIÓN.**

KAMATI LTDA. es una firma establecida en la ciudad de Santiago de Cali, orientada al servicio de ingeniería para la industria nacional. Durante este tiempo nuestro capital humano se ha desempeñado en las más importantes industrias de la región haciendo énfasis en la ingeniería de integración de productos y procesos industriales, el montaje y mantenimiento de redes eléctricas y el suministro exclusivo de equipos para la automatización de la marca SIEMENS.

La empresa KAMATI Ltda., desea innovar en desarrollos de nuevos productos no normalizados, para establecer distintos enfoques en las soluciones de sus clientes, así disminuir tiempos de entrega y altos costos en el montaje en las redes de gestión de los proyectos. A continuación, se entregará un informe detallado del proyecto a realizado en la empresa por Alejandro Tejada Rodríguez. Estudiante de la Universidad Autónoma de Occidente como pasante.

## **1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar de un dispositivo de adquisición y mando de datos con protocolo libre ascii en equipos de automatización industrial usando el método de ingeniería concurrente.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar un estudio de mercado y de antecedentes tecnológicos para el desarrollo de la tarjeta.
- Implementar el método de ingeniería concurrente para el desarrollo del dispositivo.
- Aplicar pruebas de campo al prototipo desarrollado.
- Realizar el manual de usuario. (Operación y Mantenimiento).
- Elaborar un artículo en formato IFAC o ICONTEC basado en el tema de la pasantía.

### **3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MERCADO Y DE ANTECEDENTES TECNOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA TARJETA**

En el siguiente capítulo se mostraran los resultados obtenidos en el estudio de mercado. Además, para dicho estudio se tiene en cuenta los antecedentes del dispositivo a desarrollar.

#### **3.1. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN.**

- Descripción del producto

Dispositivo de adquisición y mando de datos con protocolo libre ASCII en equipos de automatización industrial usando el método de ingeniería concurrente.

- Principales objetivos de marketing
  - Introducción para el último trimestre del 2008
  - Disminuir en un 20% los tiempos de entrega en los proyectos de gestión.
- Mercado primario
  - Industria mediana y pequeña.
- Mercado secundario
  - Aplicaciones Domóticas.
- Premisas y restricciones
  - Dispositivo mecatrónico.
  - Alimentado por energía de la misma fuente del CPU industrial.
  - Adquisición de datos análogos o digitales.
- Partes implicadas
  - Usuarios.
  - Personal de ventas.
  - Centro de servicio.
  - Personal de producción.
  - Departamento legal.

### 3.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.

A continuación, se mostrará un método estructurado de identificación de necesidades. Este método permite concentrarse en los aspectos más relevantes y ayuda a tomar decisiones de proyecto. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de necesidades.

#	Necesidad	Importancia
1	Número de entradas digitales.	5
2	Número de entradas análogas.	5
3	Resolución del ADC análogo	3
4	Número de salidas digitales.	4
5	Protocólo físico de comunicación RS232 en niveles CMOS y TTL.	5
6	Protocolo de comunicación ASCII (Libre).	5
7	Protocolo de comunicación modbus o profibus (opcional)	2
8	Los canales análogos en una tarjeta distinta a la tarjeta de los canales digitales.	5
9	Bajo costo.	5
10	Tiempo de fabricación corto.	5
11	Comercializar.	3
12	Conectividad sencilla.	3
13	Norma industrial mínima de caja	3
14	Adaptable a riel din 32.	5
15	Cumplimiento de norma industrial para las entradas y salidas.	5
16	Liviano	2
17	Fuente externa de alimentación (24 voltios continua)	5

### 3.3. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL DISPOSITIVO

En esta etapa del proceso se convierte las palabras del cliente en unidades ingenieriles, de esta forma se posee una perspectiva más amplia del problema y de una posible solución.

Como se dijo anteriormente de convertir palabras en unidades, con dichas palabras se adquieren las especificaciones preliminares del producto. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Especificaciones preliminares del producto.

Métrica #s	Need #s	Métrica	Imp.	Unit.
1	1, 2	Canales de entrada	5	Subjetiva
2	3	Tolerancia o Porcentaje de Error	3	volt
3	4	Canales de salida	4	Subjetiva
4	5	Comunicación	5	baud
5	6,7	Trama de comunicación	5	string
6	9	Costo de manufactura por unidad	5	Pesos\$
7	10	Tiempo de Ensamble	5	Horas/Hombre
8	8, 11, 12	Portabilidad	5	Subjetiva
9	8, 12	Alta Compatibilidad	5	Subjetiva
10	13, 14	Dimensiones	5	milímetros
11	15	Referencia industrial	5	volt
12	16	Masa Total	2	kg
13	17	Potencia de Trabajo	2	wat

**3.3.1. Relación de las métricas con las necesidades.** En este punto ya se ha realizado el proceso de convierte las palabras del cliente en unidades ingenieriles, dicha conversión es extraída a partir de las necesidades.

En la Tabla 3 se muestra claramente la relación que existe entre las necesidades del cliente y las unidades ingenieriles. (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Relación de las métricas con las necesidades.

Necesidad	IMP#	Metric	Canales de entrada	Tolerancia o Porcentaje de Error	Canales de salida	Comunicación	Trama de comunicación	Costo de manufactura por unidad	Tiempo de Ensamble	Portabilidad	Alta Compatibilidad	Dimensiones	Referencia industrial	Masa Total	Potencia de Trabajo
Número de entradas digitales.	5	*	*												
Número de entradas análogas.	5	*	*												
Resolución del ADC análogo	3		*												
Número de salidas digitales.	4			*											
Pro tocológico físico de comunicación RS232 en niveles CMOS y TTL.	5				*										
Protocolo de comunicación ASCII (Libre).	5					*									
Protocolo de comunicación modbus o profibus (opcional)	2					*									
los canales digitales.	5								*	*					
Bajo costo.	5							*							
Tiempo de fabricación corto.	5								*						
Comercializar.	3									*					
Conectividad sencilla.	3									*	*				
Norma industrial mínima de caja	3											*			
Adaptable a riel din 32.	5											*			
Cumplimiento de norma industrial para las entradas y salidas.	5												*		
Liviano	2													*	
Fuente externa de alimentación (24 DC)	2														*

### 3.3.2. Antecedentes.

- Diseño e Implementación de un Prototipo de un PLC Industrial, Isabel C. Londoño Ordóñez, Andrés E. Montes Valencia. Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Departamento de Automática y Electrónica, Programa de Ingeniería Electrónica. En el proyecto se realizo un PLC básico. El cual cuenta con entradas y salidas digitales y/o análogas, las cuales son asiladas del proceso de control con transistores galvánicos, fototransistor y relay. La etapa de control del PLC se realizo con un micro-controlador de 8bits, el cual seleccionaron: PIC16F877A. Este micro-controlador posee hardware de comunicación RS-232.
- El LabJack-U3 es producto desarrollado por la empresa LabJack. Este producto brinda la capacidad de 16 entradas análogas de 12 bits, 2 salidas análogas, más de 20 entradas y/o salidas digitales. Además las entradas digitales algunas



poseen las funciones de contadores y salidas digitales temporizadas. Su nivel físico de comunicación es USB. [9].

- La NI USB 6008 es producto desarrollado por la empresa National Instruments. Este producto brinda la capacidad de 8 entradas análogas de 12 bits, 2 salidas análogas, 13 entradas y/o salidas digitales. Además posee una entrada digital con la función de contador. Su nivel físico de comunicación es USB. [12].

- La Serie COMPAQ, es producto desarrollado por la empresa National Instruments. Esta serie la arquitectura es modular. Es una tecnología acoplable a las necesidades. Con agregarle módulos compatibles con esta tecnología, se obtienen más entradas y/o salidas, digitales y/o análogas. Estos módulos nos permiten también distintas formas de comunicación. [12].

- La Personal DA /50 Series, es producto desarrollado por la empresa IOTech. Este producto brinda la capacidad de expansión de 25 a 50 entradas análogas de 22 bits, 10 entradas y/o salidas digitales. Además posee dos entradas digitales con la función de contador. Su nivel físico de comunicación es USB. [11].

- La USBDUX-D, es producto desarrollado por la empresa USB-DUX. Este producto brinda la capacidad de 8 entradas análogas de 12 bits, 4 salidas análogas, 10 entradas y/o salidas digitales. Además posee dos entradas digitales con la función de contador. Su nivel físico de comunicación es USB. [10].

**3.3.3. Evaluación de satisfacción de las necesidades del cliente en productos competidores. (Benchmarking):** El Benchmarking es el estudio realizado a los dispositivos encontrados en el mercado, los cuales son posibles candidatos a resolver los problemas y las necesidades del cliente.

Dicho estudio arrojó cinco posibles candidatos, los cuales no son ideales para el cliente, porque poseen uno o más falencias, pero el más destacado permitirá darle una brújula al proyecto. (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Benchmarking.

#	Necesidad	IMP#	DAS 8000	Personal DA /50 Series	Serie COMPAQ	USB 6008	LabJack-U3
1	Número de entradas digitales.	5	***	*****	*****	*****	*****
2	Número de entradas análogas.	5	*****	*****	*****	*****	*****
3	Resolución del ADC análogo	3	*****	*****	*****	****	****
4	Número de salidas digitales.	4	*****	*****	*****	*****	*****
5	Protocolo físico de comunicación RS232 en niveles CMOS y TTL.	5	****	*	****	*	*
6	Protocolo de comunicación ASCII (Libre).	5	*	*	*	*	*
7	Protocolo de comunicación modbus o profibus (opcional)	2	*****	*	*****	*	*
8	Los canales análogos en una tarjeta distinta a la tarjeta de los canales digitales.	5	*	****	*****	*	*
9	Bajo costo.	5	***	**	*	****	****
10	Tiempo de fabricación corto.	5	****	****	**	****	****
11	Comercializar.	3	****	****	****	*****	****
12	Conectividad sencilla.	3	****	**	****	**	*
13	Norma industrial mínima de caja	3	*****	*	*****	**	*
14	Adaptable a riel dimm 32.	5	*****	*	*****	*	*
15	Cumplimiento de norma industrial para las entradas y salidas.	5	*****	*	*****	*	*
16	Liviano	2	****	****	***	*****	*****
17	Fuente externa de alimentación (24 DC)	2	*****	*	*****	*	*

**3.3.4. Evaluación de métricas en productos competidores:** Aplicando las paradigmas de conversión de las necesidades del cliente utilizados anteriormente, serán aplicadas en los antecedentes. Los resultados obtenidos se observan claramente en la Tabla#5. (Ver Tabla 5)

Tabla 5. Evaluar métricas en productos competidores.

Metric #s	Need #s	Metric	Imp	Unit	DAS 8000	Personal DA /50 Series	Serie COMPAQ	USB 6008	LabJack-U3
1	1, 2	Canales de entrada	5	Subjetiva	16	50	150	10	40
2	3	Tolerancia o Porcentaje de Error	3	volt	0,00015	0,00015	0,00015	0,00244	0,00244
3	4	Canales de salida	4	Subjetiva	8	20	32	14	8
4	5	Comunicación	5	baud	9,6 a 38,4	Nula	0,3k a 115,2k	Nula	Nula
5	6,7	Trama de comunicación	5	string	Modbus	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
6	9	Costo de manufactura por unidad	5	Pesos\$	\$ 400.000	\$ 1.700.000	\$ 5.000.000	\$ 190.000	\$ 170.000
7	10	Tiempo de Ensamble	5	Horas/Hombre	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula
8	8, 11, 12	Portabilidad	5	Subjetiva	Sencilla	Sencilla	Complicada	Sencilla	Sencilla
9	8, 12	Alta Compatibilidad	5	Subjetiva	Si	No	Si	No	No
10	13, 14	Dimensiones	5	milímetros	215x110x59	160x65x25	Relativo	75x63x23	75x65x25
11	15	Referencia industrial	5	volt	110 a 220 AC	Nula	Nula	Nula	Nula
12	16	Masa Total	2	kg	0,71	Nula	Nula	Nula	Nula
13	17	Potencia de Trabajo	2	wat	5	Nula	Nula	Nula	Nula

**3.3.5. Asignación de valores ideales y marginales.** En este punto de desarrollo del proyecto se tiene claro las necesidades del cliente, las expectativas de este, pero estos valores son entregados por los productos en el mercado. (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Asignar valores ideales y marginales.

Metric #s	Need #s	Metric	Imp	Unit	Marginal Valor	Ideal Valor
1	1, 2	Canales de entrada	5	Subjetiva	55	150
2	3	Tolerancia o Porcentaje de Error	3	volt	0,00244	0,00015
3	4	Canales de salida	4	Subjetiva	16	32
4	5	Comunicación	5	baud	Nula	0,3k a 115,2k
5	6,7	Trama de comunicación	5	string	Desconocido	Libre
6	9	Costo de manufactura por unidad	5	Pesos\$	\$ 1.532.000	\$ 170.000
7	10	Tiempo de Ensamble	5	Horas/Hombre	Nula	Nula
8	8, 11, 12	Portabilidad	5	Subjetiva	Sencilla	Sencilla
9	8, 12	Alta Compatibilidad	5	Subjetiva	No	Si
10	13, 14	Dimensiones	5	milímetros	100x65x25	100x92x67*
11	15	Referencia industrial	5	volt	Nula	Nula
12	16	Masa Total	2	kg	Nula	Nula
13	17	Potencia de Trabajo	2	wat	Nula	Nula

**3.3.6. Especificaciones preliminares del dispositivo.** Al analizar exhaustivamente los resultados del estudio de mercado, esté entrega aproximaciones preliminares de las especificaciones del dispositivo. Dichos resultados son especificados en la Tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones preliminares del dispositivo.

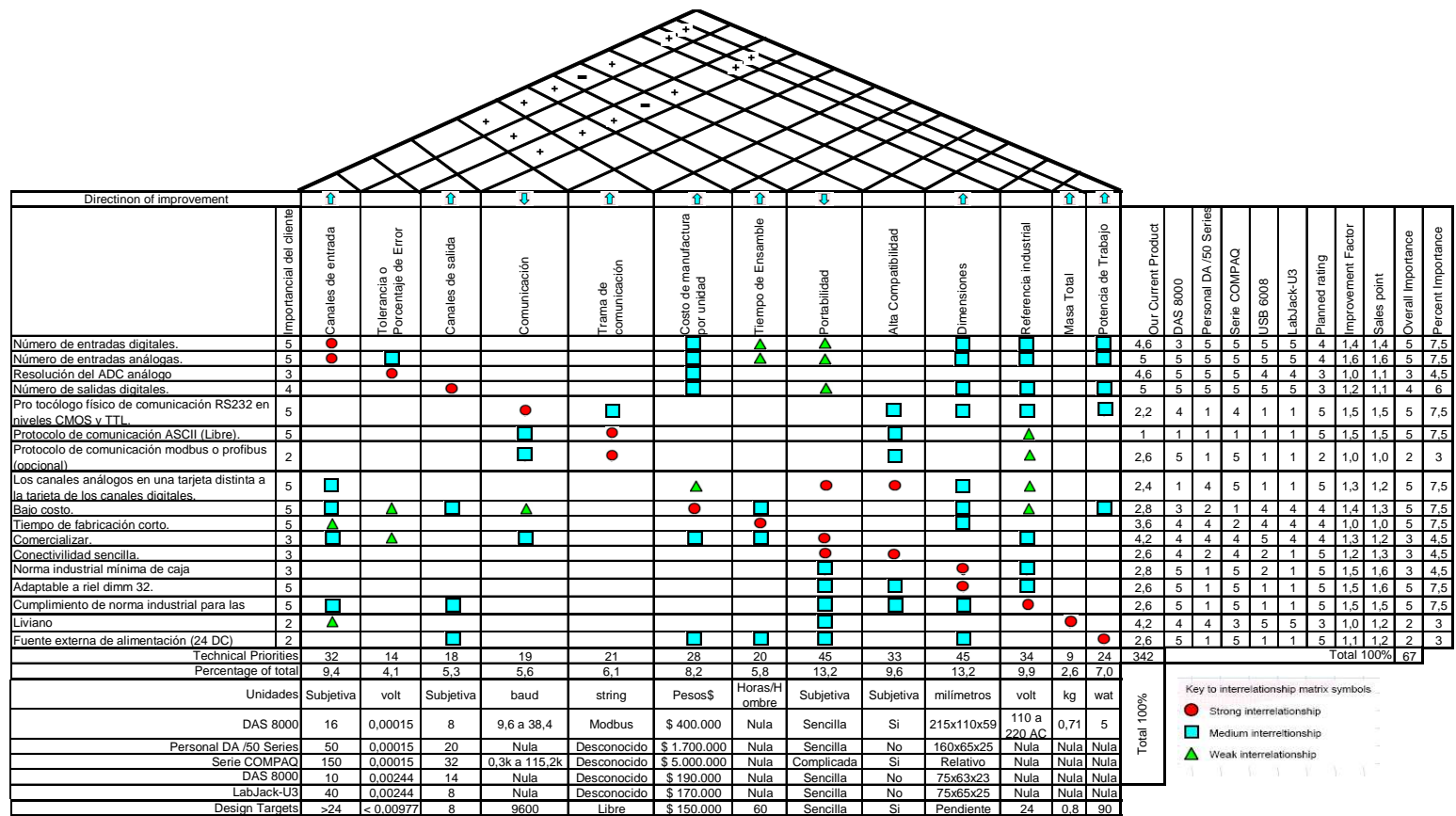
Metric #s	Metric	Ideal Valor
1	Canales de entrada	>24
2	Tolerancia o Porcentaje de Error	< 0,00977
3	Canales de salida	8
4	Comunicación	9600
5	Trama de comunicación	Libre
6	Costo de manufactura por unidad	\$ 150.000
7	Tiempo de Ensamble	60
8	Portabilidad	Sencilla
9	Alta Compatibilidad	Si
10	Dimensiones	100x92x67*
11	Referencia industrial	24
12	Masa Total	0,8
13	Potencia de Trabajo	90

**3.3.7. Casa de las calidades. (HOQ o QFD).** En la casa de las calidades es más claro el proceso de Benchmarking, los criterios de diseño, las relaciones existentes entre las necesidades. Este proceso ayuda a tener una visión un poco más detallada del proyecto y es una guía del proceso.

Se obtuvo como resultado el mejor en el mercado existente hasta el momento. El cual es: La serie COMPAQ de la NATIONAL INSTRUMEN.

A continuación, se observa la casa de las calidades:

Figura 1. QFD.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO CONCURRENTES PARA EL DESARROLLO DE LA DISPOSITIVO.**

En el segundo capítulo se especifica paso a paso la implementación del método concurrentes. Dicho método es muy interesante, este permite ver el problema claramente, no descarta ninguna de las posibles soluciones por absurda que esta sea. Además, dicho método permite encontrar la solución óptima al problema.

Se aclara que algunos de los primeros pasos de dicho método se realizaron en el primer capítulo

### **4.1. GENERACIÓN DE CONCEPTOS**

En este paso se divide el problema en tantas partes como sea posible, para de esta forma simplificar un proceso en pequeños sub-procesos. De esta forma se observa sub-sistemas, y así encontrar una posible solución. Para dichas soluciones tendrán como inicio una búsqueda exhaustiva.

**4.1.1. Clarificación del problema.** Es necesario un dispositivo mecatrónico que sea capaz de adquirir datos de un proceso.

**4.1.1.1. Descripción del producto:** Dispositivo mecatrónico alimentado por energía se encargará de la adquisición de datos de un proceso, dichos datos serán tomados para gestión del proceso.

#### **4.1.1.2. Necesidades:**

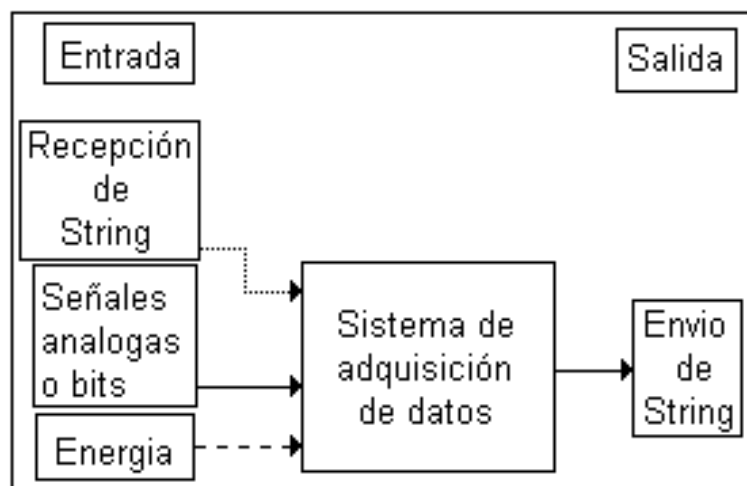
- El sistema puede adquirir datos análogos o digitales del proceso.
- El sistema puede entregar datos digitales al proceso.
- El sistema proporciona alta compatibilidad con distintos procesos industriales.
- El sistema puede ser ensamblado en una red industrial.
- El sistema puede comunicarse con distintos dispositivos industriales.
- El sistema puede ser ensamblado fácilmente en la industria.
- El sistema es liviano.
- El sistema trabaja con bajo consumo de energía.
- El sistema ofrece portabilidad.

#### 4.1.2. Especificaciones:

- Peso de menos de 0,8 kilos
- Alta Compatibilidad en comunicaciones.
- Potencia de Trabajo menor de 90 Wat.
- Portabilidad
- Tiempo de Ensamble de menos de 8 Días.
- Costo de manufactura por unidad de unos \$190.000 pesos colombianos.
- Tolerancia o Porcentaje de Error del 1%
- Frecuencia de muestro de 10Hz

En la siguiente figura, se observa el problema en forma de un sistema. En el cual el sistema posee una serie de entradas con una salida. (Ver Figura 2).

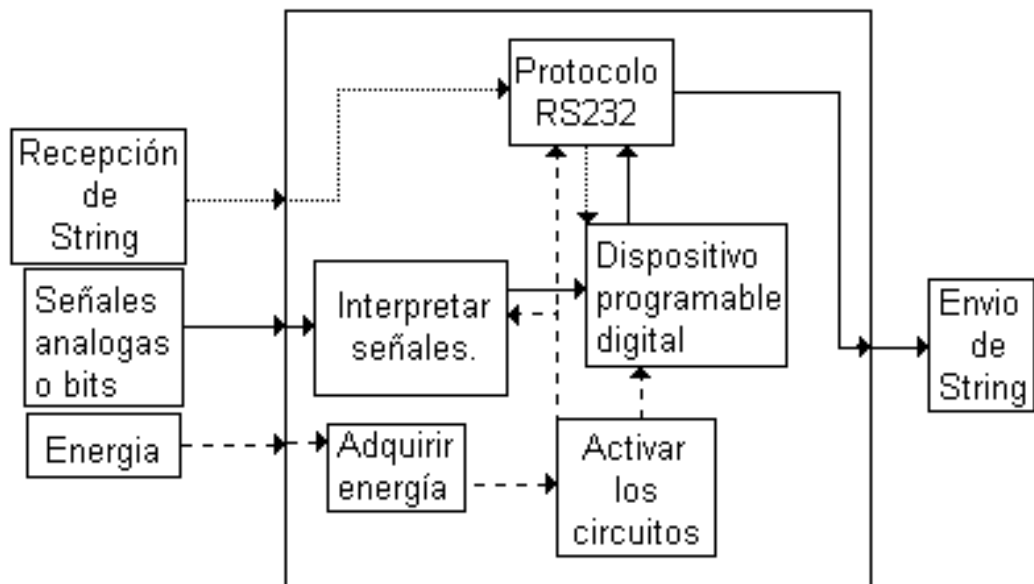
Figura 2. Sistema.



En la siguiente figura, se observa el problema en forma más detalla del sistema mostrado anteriormente. En dicho sistema se observa nuevamente las entradas y la salida. Además, se observa cómo es el funcionamiento básico del sistema. (Ver Figura 3).



Figura 3. Sistema de adquisición de datos.



**4.1.2.1. Búsqueda externa:** Esta busque fue basada en el benchmarking, y este estudio fue analizado anterior mente. Del cual se sacaron las siguientes ideas para algunos subsistemas.

- **Adaptación:**

- Empotrado
- Sobre puesto

**4.1.2.2. Búsqueda interna:**

- **Adquirir energía:**

- Eléctrica.

- **Activar los circuitos:**

- Interruptor.
- Tiempo.
- Software (Necesita un PC).

- **Interpretar señales:**

- Conversores.
- Optocoplador.

- **Dispositivo programable digital:**

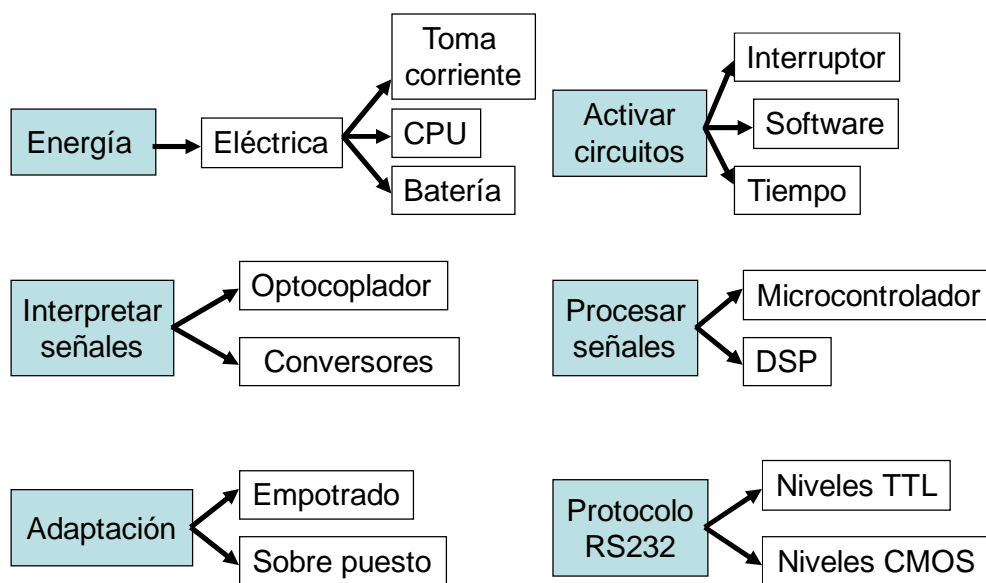
- Micro-controlador.
- DSP.

- **Protocolo RS232:**

- Niveles TTL.
- Niveles CMOS.

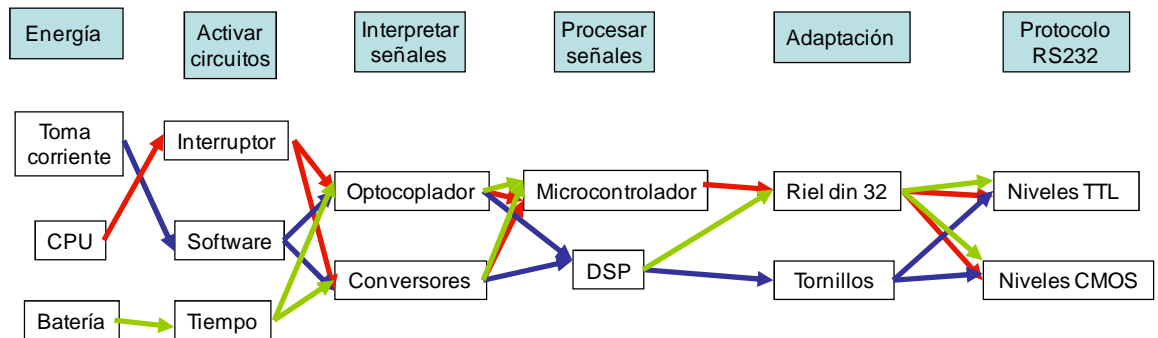
**4.1.3. Árbol de clasificación de conceptos.** En este paso se seleccionan los sub-sistemas y son graficados con las posibles soluciones planteadas. (Ver Figura 4)

Figura 4. Árbol de clasificación de conceptos.



**4.1.4. Tabla de combinación de conceptos.** Para realizar este paso se selecciona los sub-sistemas planteados anteriormente y se plantean posibles soluciones. (Ver Figura 5).

Figura 5. Combinación de conceptos.



**4.1.5. Conceptos.** Se observa gráficamente algunas de las ideas tangibles de las posibles soluciones de los sub-sistemas. Por ejemplo: En el sub-sistema de adaptación. Este sub-sistema es la forma de soporte de todo el sistema. (Ver Figura 6 y Figura 7)

Figura 6. Caja con Riel din32

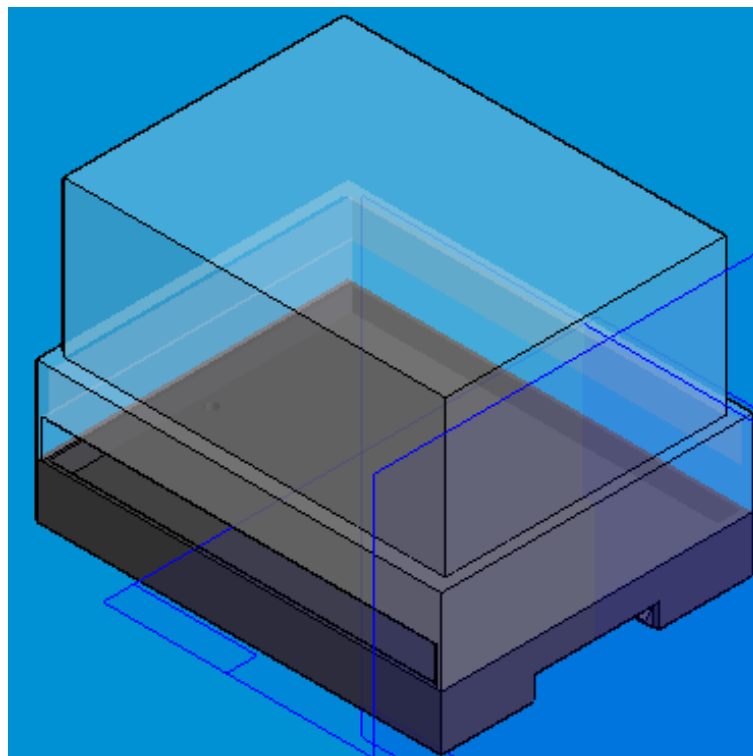
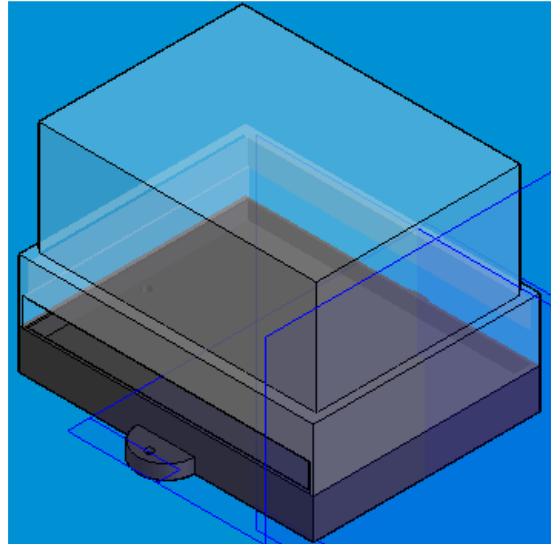


Figura 7: (Caja con tornillos)



#### 4.2. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

En este paso se plantea una serie de posibles soluciones, como se presentaran más adelante, dichas soluciones serán analizadas, calificadas y descartadas por medio de este método.

A continuación, observaremos las variantes de conceptos:

- **A.** El sistema tomará la energía del CPU industrial, la activación de los circuitos se hará por interruptor externo, interpretará los datos adquiridos por medio de un conversor análogo digital, para los canales análogos, y por Optocoplador para los datos discretos, estas señales serán interpretadas por un micro controlador, además el micro controlador se encargara de comunicar vía RS232 los datos adquiridos, la carcasa será adaptable a un riel din 32. Adicionalmente, el dispositivo será modular, esto quiere decir que para las salidas discretas serán manipuladas por un modulo, las entradas discretas por un modulo aparte y las entradas analógicas por un módulo aparte.
- **B.** El sistema tomará la energía de la línea de tensión, la activación de los circuitos se hará por software, interpretará los datos adquiridos por medio de un conversor análogo digital, para los canales análogos, y por Optocoplador para los datos discretos, estas señales serán interpretadas por un DSP, además el DSP

se encargará de comunicar vía RS232 los datos adquiridos, la carcasa será instalada por medio de tornillos a un riel din 32.

- **C.** El sistema tomará la energía de un batería, la activación de los circuitos se hará por tiempo (Time), interpretara los datos adquiridos por medio de un conversor análogo digita, para los canales análogos, y por Optocoplador para los datos discretos. Estas señales serán interpretadas por un micro controlador, además el micro controlador se encargará de comunicar vía RS232 los datos adquiridos, la carcasa será adaptable a un riel din 32.

**4.2.1. Tamizaje de conceptos.** En este paso se analiza las variantes de conceptos con respecto a los criterios anteriormente seleccionados, pero estos criterios son parciales. Este tamizaje es una preselección de conceptos. (Ver Tabla 8)

Tabla 8. Tamiz de conceptos.

Criterio de selección	VARIEDAD DE CONCEPTOS			REF.
	A	B	C	
El sistema puede adquirir datos análogos o digitales.	0	0	0	0
El sistema puede dar datos digitales.	0	0	0	0
El sistema proporciona alta compatibilidad con distintos procesos industriales.	1	0	1	0
El sistema puede ser ensamblado en una red industrial.	1	-1	0	0
El sistema puede comunicarse con distintos dispositivos industriales.	0	0	0	0
El sistema puede ser ensamblado fácilmente en la industria.	0	-1	0	0
El sistema es liviano.	1	1	1	0
Potencia de Trabajo menor 90 Watts.	1	0	0	0
El sistema ofrece portabilidad	0	0	0	0
Tiempo de Ensamble de menos de 8 Días.	1	0	0	0
Costo de manufactura por unidad de unos \$190.000 pesos colombianos.	1	-1	-1	0
POSITIVO	6	1	2	
IGUAL	5	7	8	
NEGATIVO	0	3	-1	
TOTAL	6	-2	1	
ORDEN	1	3	2	
¿CONTINUA?	SI	NO	SI	

**4.2.2. Matriz de evaluación de conceptos.** En este paso se analiza las variantes de conceptos sobresalientes del paso anterior, en dicha matriz se evalúan nuevamente los conceptos con respecto a los criterios anteriormente seleccionados, pero con una gran diferencia; La cual es que dichos criterios se les asigna un porcentaje de importancia. Cada concepto es evaluado con una calificación parcial asignada por el ingeniero, en este caso la calificación más alta en el cinco (5) y la más baja el cero (0).

En este paso ya se selecciona un concepto. (Ver Tabla 9)

Tabla 9. Matriz para evaluar conceptos.

Criterio de selección	% Ponderac	Variedad de conceptos			
		A		C	
		Nota	Criterio	Nota	Criterio
El sistema puede adquirir datos análogos y discretos.	15	5	0,75	5	0,75
El sistema puede entregar datos discretos.	10	4	0,4	4	0,4
El sistema proporciona alta compatibilidad con distintos procesos industriales.	15	5	0,75	4	0,6
El sistema puede ser ensamblado en una red industrial.	10	5	0,5	5	0,5
El sistema puede comunicarse con distintos dispositivos industriales.	10	5	0,5	4	0,4
El sistema puede ser ensamblado fácilmente en la industria.	10	4	0,4	4	0,4
El sistema es liviano.	5	5	0,25	5	0,25
Potencial de trabajo menor a 90 watts.	5	5	0,25	5	0,25
El sistema ofrece portabilidad.	5	5	0,25	5	0,25
Tiempo de ensamble de menos de 8 Días.	5	5	0,25	5	0,25
Costo de manufactura por unidad de unos \$150.000 pesos colombianos.	10	5	0,5	3	0,3
TOTAL		2,4		2,25	
ORDEN		1		2	
¿CONTINUA?		SI		NO	

Se seleccionó la variable de concepto **A**, porque es la que mejor cumplió con las necesidades de los clientes, los entrevistados y con las especificaciones de diseño. Y fue la propuesta con mejor clasificación en la metodología llevada a cabo.

### **4.3. PRUEBA DE CONCEPTOS**

**4.3.1. Propósito de la prueba.** Determinar qué mercado se abordarán.

**4.3.2. Población a encuestar.** Sector industrial de mediana y pequeña empresa, personas que deseen sistemas domóticas.

**4.3.3. Forma de la encuesta.** Entrevistas personales.

#### **4.3.3.1. Descripción del producto:**

- Peso menor a 0,8 kilos.
- Número de canales de entrada discretas.
- Número de canales de entrada análogos.
- Número canales de salida.
- Potencia de Trabajo menor 90 Wat.
- Portabilidad.
- Tiempo de Ensamble menor de 8 días.
- Costo de manufactura por unidad de unos \$190.000 pesos colombianos.
- Tolerancia o Porcentaje de Error del 1%.

**4.3.3.2. Preguntas:** El número de canales de entrada y salida son importantes.

- Definitivamente si
- Probablemente si
- Definitivamente no
- Probablemente no
- Pudiera o no ser la resolución adecuada

#### **4.3.3.3. Realizar otras preguntas y/o comentarios finales:**

- ¿Le parece adecuado un peso de 0,8 kg?
- ¿Considera usted adecuada una alta compatibilidad en él ambiente industrial?
- ¿Qué le preocupa del concepto de este sistema de adquisición de datos?
- ¿Es adecuada la potencia de 90 wat?
- ¿Podría hacernos algunas sugerencias para mejorarlo?

#### **4.3.3.4. Marcar las intenciones de compra:**

- Definitivamente si lo compraría
- Probablemente si lo compraría
- Definitivamente no si lo compraría
- Probablemente no si lo compraría
- Pudiera o no comprarlo

#### **4.3.3.5. Dar las gracias y finalizar la encuesta.**

**4.3.4. Interpretación de los Resultados.** El precio final se concluyo que es un poco alto, pero quedaron satisfechos ya que el sistema muy versátil y practico

La versatilidad y portabilidad del dispositivo es el adecuado ya que es una aplicación que se puede llevar a varios sitios.

En los resultados obtenidos nos dimos cuenta de que la potencia de trabajo de 90 wat es muy alta, por eso es más adecuada una potencia de 10 wat por modulo.

#### **4.4. ESPECIFICACIONES FINALES**

En este paso se tiene más claro las necesidades y los requisitos que desea el cliente.

Además, se aterrizan mucho más los valores óptimos del dispositivo. (Ver Tabla 10).



Tabla 10. Especificaciones finales

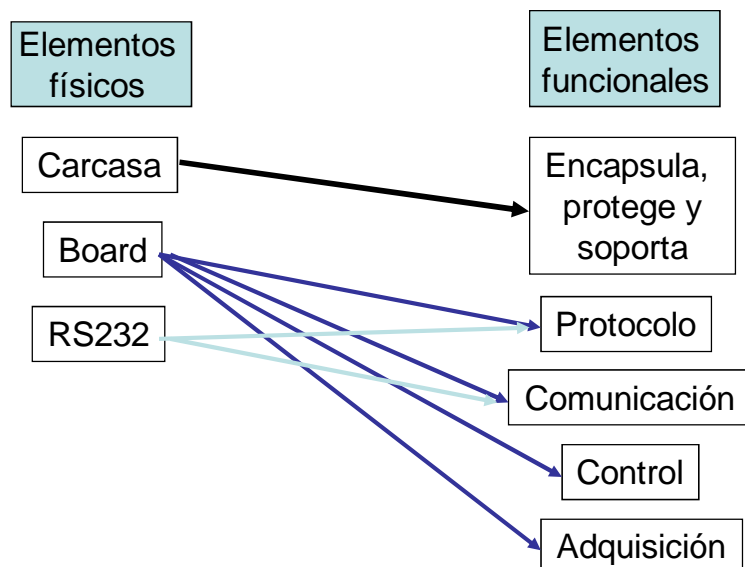
Metric #s	Metric	Ideal Valor
1	Canales de entrada	>24
2	Tolerancia o Porcentaje de Error	< 0,00977
3	Canales de salida	8
4	Comunicación	9600
5	Trama de comunicación	Libre
6	Costo de manufactura por unidad	\$ 150.000
7	Tiempo de Ensamble	60
8	Portabilidad	Sencilla
9	Alta Compatibilidad	Si
10	Dimensiones	100x92x67
11	Referencia industrial	24
12	Masa Total	0,3
13	Potencia de Trabajo	10

#### 4.5. DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

En este paso se observa claramente la(s) tareas de cada sub-sistema, teniendo en cuenta las partes físicas de cada modulo.

En este punto se observa el tipo de arquitectura que posee el concepto seleccionado. (Ver Figura 8)

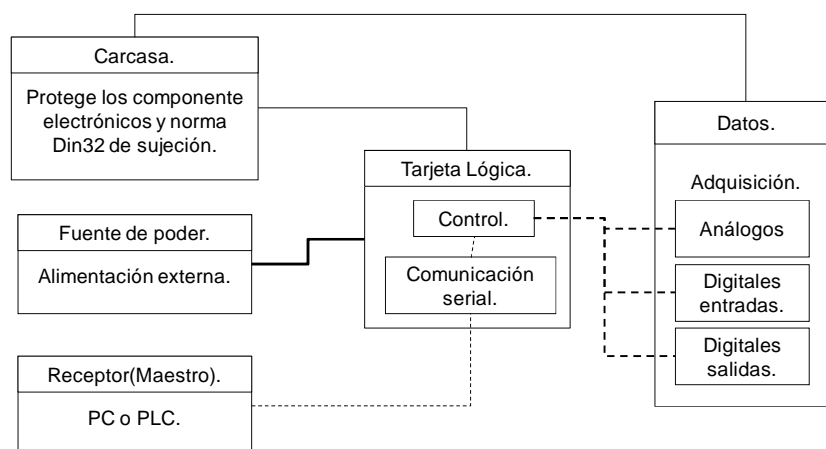
Figura 8. Arquitectura de productos.



**4.5.1. Interacciones fundamentales.** En este paso se visualiza claramente las funciones, las entradas, las salidas y las interacciones del sistema y el concepto seleccionado. (Ver Figura 9).

Figura 9. Interacciones Fundamentales

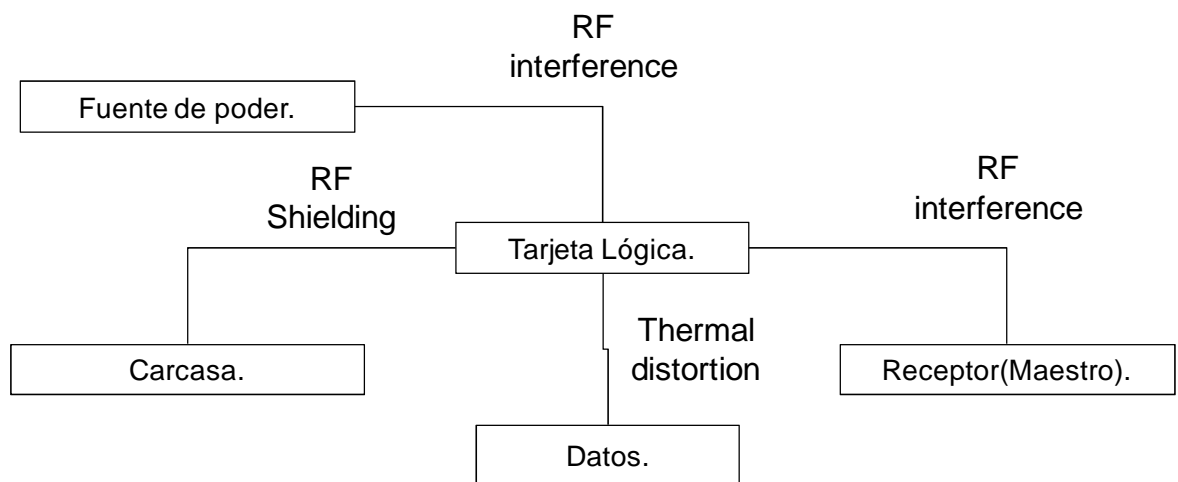
### Interacciones Fundamentales



**4.5.2. Interacciones incidentales.** En este paso se visualiza claramente las posibles causas de error del sistema por agentes ajenos al sistema. Dichos agentes pueden ser temperatura, ruido, etc. (Ver Figura 10).

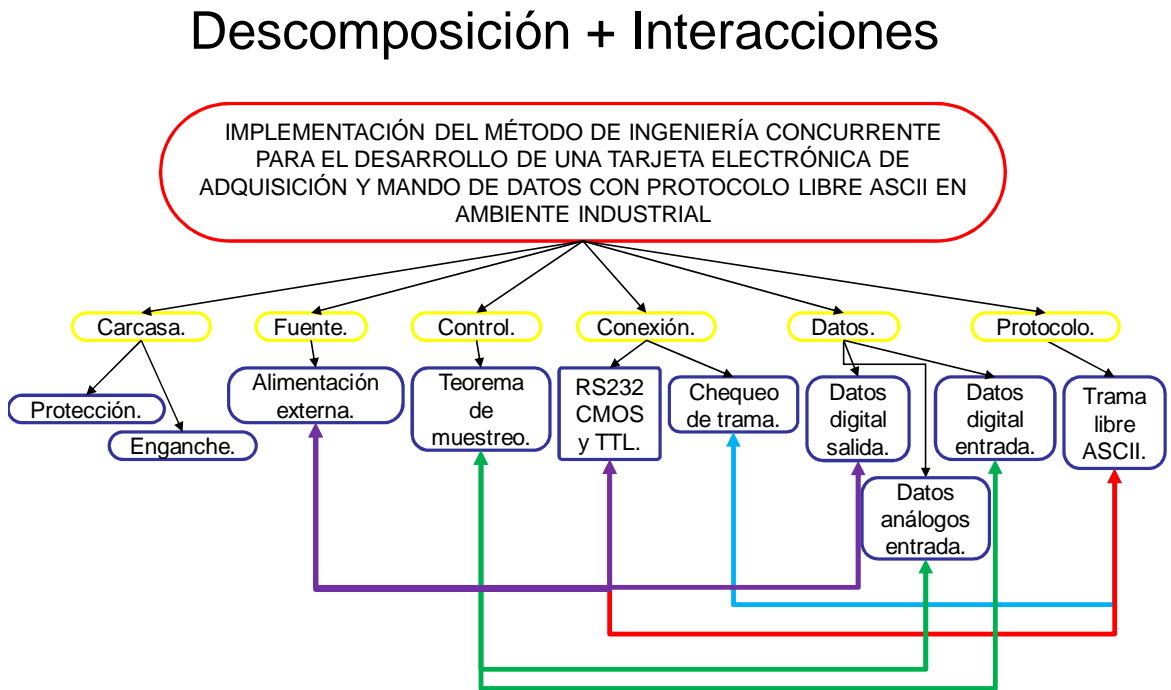
Figura 10. Interacciones Incidentales.

## Interacciones Incidentales.



**4.5.3. Descomposición más interacciones.** Al analizar la descomposición más las interacciones del sistema se puede graficar de la siguiente manera. (Ver Figura 11).

Figura 11. Descomposición + Interacciones.



**4.5.4. Arquitectura en cada nivel.** En este caso el dispositivo posee una arquitectura predominantemente modular. Además si se observa los sub-sistemas y sus elementos, se puede apreciar que estos componentes son en su mayoría son modular porque cada uno hace muchas funciones como en la parte del control donde el micro-controlador se encarga del muestreo de los datos de adquisición y este también se encarga de gestionar la comunicación del dispositivo.

**4.5.5. Arquitectura del sistema mecánico.** El sistema mecánico del dispositivo es muy simple porque este posee las funciones de proteger y encapsular el dispositivo. Además, de desempeñar dichas funciones, el sistema mecánico del dispositivo permite ser enganchado en un riel omega din32.

**4.5.6. Arquitectura del sistema electrónico.** El sistema electrónico del dispositivo en este proyecto puede ser el más importante ya que este es el encargado de todo el procesamiento de las señales de campo (Datos del

proceso). Además, se encarga de gestionar las señales de comunicación e interpretar dichas señales.

Este sistema en su parte electrónica es medianamente robusto ya que posee protecciones contra corto circuito, las señales de campo son aisladas de las señales de control.

**4.5.7. Arquitectura del sistema de control.** El sistema de control del dispositivo es realmente simple porque este dispositivo cuenta con el teorema de muestreo, este teorema es una norma mínima de 10 muestras por segundo. Este dispositivo está diseñado exclusivamente para redes de gestión no es muy rápido.

## **4.6. DISEÑO INDUSTRIAL**

Este paso es muy importante porque son creados y desarrollados conceptos y especificaciones capaces de optimizar las funciones, el valor y la apariencia del dispositivo. Esto acarrea un beneficio mutuo, tanto para el productor y el cliente.

### **4.6.1. Evaluación de las necesidades ergonómicas.**

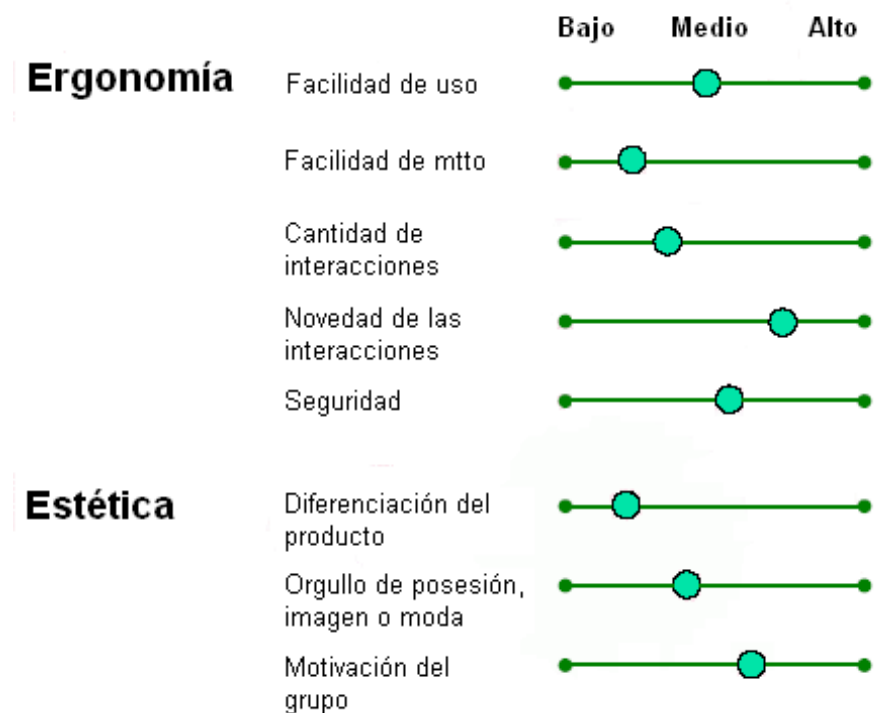
- ¿Cuán importante es la facilidad de uso? Debe ser de medio, porque el operario va a ser una persona capacitada en el montaje como en el manejo que se le da al dispositivo.
- ¿Cuán importante es la facilidad de mantenimiento? El mantenimiento debe ser poco, ya que es un dispositivo electrónico con partes mecánicas muy restringidas las cuales no trabajan continuamente.
- ¿Cuántas interacciones se requieren con el usuario para hacer que el producto funcione? Con el usuario (Ser humano) son pocas, ya que el dispositivo interactúa directamente por software con un PC, PLC o un micro-controlador directamente.
- ¿Cuánta novedad involucran esas interacciones? Las interacciones son bastante novedosas, si el dispositivo está conectado a un PC ya que el usuario interactuará por medio de una interfaz gráfica capaz de visualizar y manipular los datos del proceso.
- ¿Cuáles son los aspectos de seguridad a considerar? En este producto las condiciones de seguridad son medianamente considerables, ya que el dispositivo se puede encontrar en ambientes hostiles para él, y esto puede causar fallas en el dispositivo.

#### **4.6.2. Evaluación de las necesidades estéticas.**

- ¿Se requiere una diferenciación visual del producto? Para éste tipo de producto el impacto visual no es muy importante, porque los aspectos técnicos como la funcionalidad y el rendimiento son más relevantes para el usuario que la parte visual.
- ¿Cuán importante es el orgullo de posesión, la imagen y la moda? El orgullo de posesión es importante, ya que para el usuario que utilice de éste dispositivo, será consciente de que tomo la mejor decisión para gestionar su proceso y su economía. Para los aspectos de imagen y moda no son relevantes en este dispositivo.
- ¿Podría la estética del producto motivar al equipo de desarrollo? En este caso la estética del producto influye un poco la motivación del equipo de desarrollo, porque si el producto posea una apariencia más compacta se sentirán más motivados a seguir trabajando. En la parte del software y de la interfaz con el usuario es un poco más motivante ya que esta es la parte más visible del trabajo de los desarrolladores.

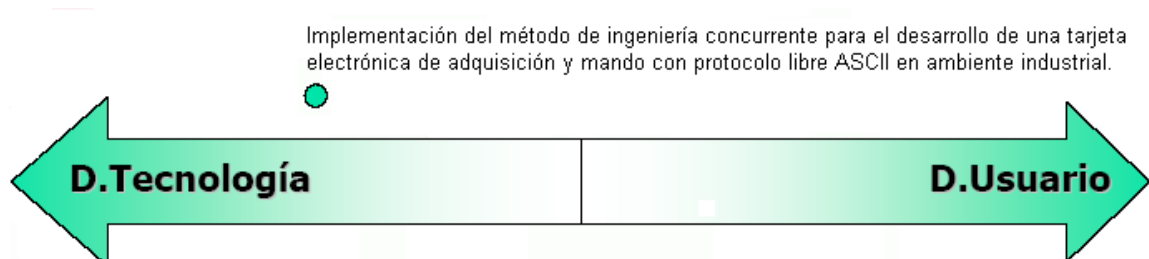
**4.6.3. Evaluación del nivel de importancia del DI.** En la figura 12 se observa gráficamente la evaluación del nivel de importancia del diseño industria, la fuente de datos de la grafica se encuentran en el literal anterior. (Ver Figura 12).

Figura 12. Evaluación del nivel de importancia del DI.



#### 4.6.4. Dirección del proceso del DI.

Figura 13. Dirección del proceso de DI.



Como se puede apreciar en la figura 13. (Ver Figura 13) nuestro dispositivo va más en dirección al dominio de la tecnología que hacia el dominio del usuario, debido a que los aspectos ingenieriles y técnicos como la funcionalidad y el

rendimiento predominan que los requerimientos ergonómicos, estéticos, facilidad de uso y el impacto visual.

Por lo cual para el desarrollo del producto y el diseño industrial estará limitado al empaquetamiento del dispositivo.

**4.6.5. Evaluación de la calidad del DI.** A continuación se expondrá paso a paso la evaluación de la calidad del diseño industrial.

#### **4.6.5.1. Calidad de las interfaces de usuario.**

- ¿Las características del producto comunican realmente su operación al usuario? Cuando el producto sea manipulado por medio de un PC, tendrá una parte de software, el cual hará el trabajo de interfaz con el usuario y debe comunicar del mejor modo al usuario u operario las condiciones o formas de operación del producto.

En el caso de ser un PLC o un micro-controlador la persona que comunique el dispositivo debe ser personal altamente calificado.

- ¿Es el uso del producto intuitivo? Las interfaces de usuario en el PC, el software de control debe ser intuitivo, ya que poseerá menús donde se lleve un orden determinado y según la parte donde se encuentre el usuario se le indica por medio de iconos gráficos y otras formas para tratar de comunicarle de la mejor manera al usuario lo que se debe hacer.

- ¿Son todas sus características seguras? Son seguras mientras el dispositivo no se encuentre expuesto a líquidos, altas temperaturas, altos voltajes y/o sobre corrientes porque es un dispositivo electrónico. Si se tiene en cuenta estas aletas el usuario no debe correr ningún peligro.

- ¿Se han identificado todos los usuarios y usos potenciales del producto? Si se han identificado los usuarios en su mayoría, como lo son la industria pequeña y mediana, también es un producto potencial para desarrollos en el área de la domóticas.



#### **4.6.5.2. Requerimientos emocionales:**

- ¿Es el producto atractivo?, ¿es excitante? En este aspecto no es muy llamativo, ya que recordemos que los requerimientos técnicos son más importantes que los otros.
- ¿El producto expresa calidad? El producto deberá poseer electrónica robusta, generar pocas fallas por no decir ninguna. En el caso del PC debe poseer una visualización e interfaz de usuario debe presentar confianza.
- ¿Qué imagen viene a la mente cuando se observa? Poder gestionar un proceso a bajo costo y confiablemente.
- ¿Inspira orgullo de posesión? Tal vez, ya que el usuario que compre este producto va a estar más satisfecho, porque logro disminuir costos en el montaje de la red de gestión.

#### **4.6.5.3. Facilidades de mantenimiento y reparación:**

- ¿Es el mantenimiento del producto obvio?, ¿es fácil? Lo único que el usuario puede realizar en este producto es la limpiar las tarjetas electrónicas para no ser deterioradas rápidamente por el tiempo o por un ambiente hostil. Este mantenimiento preventivo es relativamente fácil.
- ¿Las características del producto informan efectivamente los procesos de ensamble y desensamble? Si, ya que el dispositivo va a poseer señales para indicar donde se encuentran los tornillos que sujetan una a una las piezas del dispositivo.

#### **4.6.5.4. Uso apropiado de recursos:**

- ¿Es el material seleccionado apropiado (en términos de costo y calidad)? Los componentes electrónicos son estándar y económicos, que sean económicos no quiere decir que sean de mala calidad, los tornillos son de acero inoxidable y cobre. La tapa y caja son de polímeros.
- ¿Está el producto sobre o sub-diseñado (tiene características que son innecesarias o algunas han sido despreciadas)? El producto que se está desarrollando se encuentra bien diseñado, porque cumple en su mayoría con las necesidades identificadas.

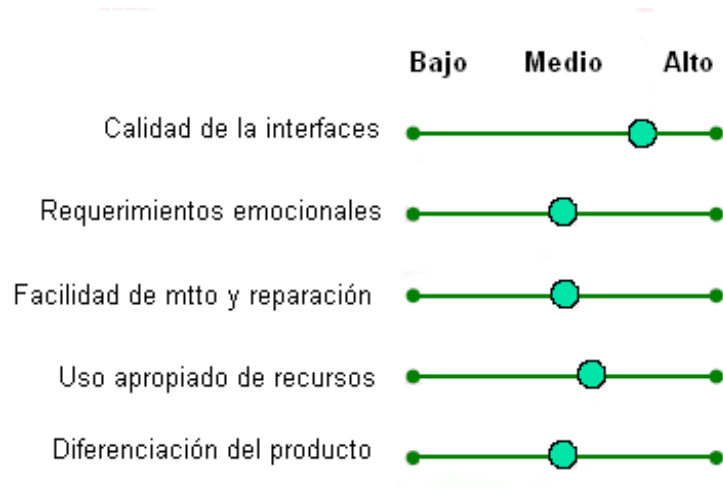
- ¿Se han considerado los aspectos ambientales/ecológicos? No del todo, ya que estamos hablando de un dispositivo que incorpora algunas pocas partes de polímeros, los cuales se demoran mucho en biodegradarse.

#### **4.6.5.5. Diferenciación del producto:**

- ¿Podrá un cliente que mire el producto en una tienda distinguirlo por su apariencia? Se cree que si, ya que estos sistemas de no son muy comunes en el mercado, además este se haría notar por su económico precio.
- ¿Podrá ser recordado por el cliente cuando lo vea en un comercial? No, porque en un comercial no se puede observar de una manera detallada este tipo de producto, como lo hemos mencionado desde antes es un dispositivo dominado por la tecnología donde los aspectos técnicos son bastante importantes.
- ¿Será reconocido cuando lo vea en la calle? No se cree, porque es poco llamativo a la vista en cuanto a la parte de hardware. Por otro lado no es un dispositivo que se encuentre en la calle fácilmente.
- ¿La identidad del producto es apropiada o amplía la identidad de la corporación? La identidad del producto va acorde con la identidad de la corporación ya que KAMATI Ltda. es una empresa de automatización y de integración de productos de alta tecnología.

**4.6.6. Valoración de la calidad del DI.** En la figura 14 se observa gráficamente la valoración de la calidad del diseño industria, la fuente de datos de la grafica se encuentran en el literal anterior. (Ver Figura 14).

Figura 14. Valoración de la calidad del DI.



#### 4.7. DISEÑO PARA MANUFACTURA

En el diseño para manufactura se estipula el costo de mano factura y se idea una estrategia de reducción de costos de mano factura.

##### 4.7.1. Procedimiento de ensamble.

- Se soldán uno a uno los componentes electrónicos a las tarjetas electrónicas.
- Se atornillan los tornillos de cobre.
- Se ensamblan una a una las tarjetas electrónicas una encima de la otra, y se atornillan los tornillos de acero inoxidable cortos correspondientes en cada tarjeta, este paso se repite cuantas veces sea necesario por módulo.
- Se atornilla a la base del modulo tornillos de cobre.
- Se atornilla el conjunto de tarjetas electrónica que componen el modulo a la base por medio de tornillos de cobre.
- Finalmente se atornillan cuatro (4) tornillos de acero inoxidable para ajustar la tapa del modulo.

Tiempo aproximado de ensamble: 60 horas por módulo

Índice DPE:  $170 \text{ partes} \times 3 \text{ segundos} / 216000 \text{ segundos}$ .

Índice DPE: 0.00236111

Como se puede observar el índice DPE nos da mucho menor que 1, lo que nos indica que este producto es algo demorado para ensamblarse, lo que no lo hace adecuado para una producción en masa. Además esto se puede deber a que es un dispositivo muy especializado para una función poco común.

**4.7.2. Tabla de partes.** Debido que cada modulo es independiente, se mostrara en tres (3) tablas distintas los componentes de cada modulo. (Ver Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13)

Tabla 11. Tabla de partes para modulo de salidas discretas.

#PARTE	NOMBRE	CANTIDAD	PESO	ANÁLISIS DE DPE
				Proceso de manufactura
1	Tornillo de cobre	10	1gr	Torneado
2	Tornillo de acero inoxidable corto	8	1gr	Torneado
3	Tornillo de acero Inoxidable largo	4	2gr	Torneado
4	Led	9	1gr	
5	Diswitch	1	2gr	
6	Base zip	1	5gr	
7	MAX232	1	3gr	
8	Condensador de 0,1 uf	4	1gr	
9	Condensador de 15 pf	2	1gr	
10	Condensador de 470 uf	1	1gr	
11	Crystal de 4MHz	1	1gr	
12	Resistencia de 1k $\Omega$	29	1gr	
13	Resistencia de 10k $\Omega$	1	1gr	
14	Resistencia de 100 $\Omega$	2	1gr	
15	Diodo 1N4007	8	1gr	
16	Relay de 12 voltios	8	4gr	
17	Optocoplador 4N25	8	1gr	
18	Fusible pequeño de 1A	1	1gr	
19	Conector DB9 macho	1	2gr	
20	PIC16F877A	1	2gr	
21	Base de integrado de 6 pines	8	1gr	
22	Base de integrado de 16 pines	1	1gr	
23	Bornera de 2 bornes	5	1gr	
24	Bornera de 3 bornes	4	1gr	
25	Base para riel din32	1	10gr	Fresado
26	Tapa	1	3gr	Fresado
27	Regla de pines macho	2	1gr	
28	Regla de pines hembra	2	1gr	
29	Puente rectificador de 1A	1	1gr	
30	Porta fusible	2	2gr	
31	Regulador de voltaje LM7805	1	1gr	
32	Regulador de voltaje LM7812	1	1gr	
33	Disipador para TO220	2	1gr	
34	Tuerca	2	1gr	

Tabla 12. Tabla de partes para modulo de entradas discretas.

#PARTE	NOMBRE	CANTIDAD	PESO	ANÁLISIS DE DPE
				Proceso de manufactura
1	Tornillo de cobre	10	1gr	Torneado
2	Tornillo de acero inoxidable corto	8	1gr	Torneado
3	Tornillo de acero Inoxidable largo	4	2gr	Torneado
4	Led	17	1gr	
5	Diswitch	1	2gr	
6	Base zip	1	5gr	
7	MAX232	1	3gr	
8	Condensador de 0,1 uf	4	1gr	
9	Condensador de 15 pf	2	1gr	
10	Condensador de 470 uf	1	1gr	
11	Cristal de 4MHz	1	1gr	
12	Resistencia de 1k $\Omega$	37	1gr	
13	Resistencia de 10k $\Omega$	1	1gr	
14	Resistencia de 100 $\Omega$	2	1gr	
15	Resistencia de 4k7 $\Omega$	16	1gr	
16	Optocoplador 4N35	16	1gr	
17	Fusible pequeño de 1A	1	1gr	
18	Conector DB9 macho	1	2gr	
19	PIC16F877A	1	2gr	
20	Base de integrado de 6 pines	16	1gr	
21	Base de integrado de 16 pines	1	1gr	
22	Bornera de 2 bornes	7	1gr	
23	Bornera de 3 bornes	4	1gr	
24	Base para riel din32	1	10gr	Fresado
25	Tapa	1	3gr	Fresado
26	Regla de pines macho	3	1gr	
27	Regla de pines hembra	3	1gr	
28	Puente rectificador de 1A	1	1gr	
29	Porta fusible	2	2gr	
30	Regulador de voltaje LM7805	1	1gr	
31	Disipador para TO220	1	1gr	
32	Tuerca	2	1gr	

Tabla 13. Tabla de partes para modulo de entradas analógicas.

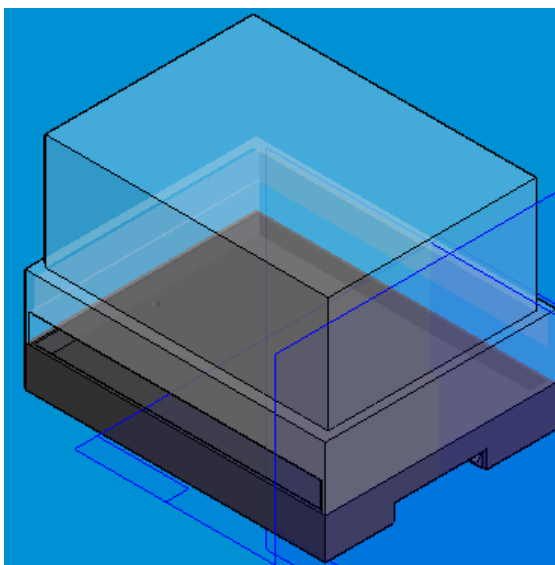
#PARTE	NOMBRE	CANTIDAD	PESO	ANÁLISIS DE DPE
				Proceso de manufactura
1	Tornillo de cobre	10	1gr	Torneado
2	Tornillo de acero inoxidable corto	9	1gr	Torneado
3	Tornillo de acero Inoxidable largo	4	2gr	Torneado
4	Led	3	1gr	
5	Diswitch	1	2gr	
6	Base zip	1	5gr	
7	MAX232	1	3gr	
8	CD4051	1	1gr	
9	Condensador de 0,1 uf	4	1gr	
10	Condensador de 15 pf	2	1gr	
11	Condensador de 470 uf	1	1gr	
12	Cristal de 4MHz	1	1gr	
13	Resistencia de 1k $\Omega$	9	1gr	
14	Resistencia de 10k $\Omega$	1	1gr	
15	Resistencia de 100 $\Omega$	2	1gr	
16	Fusible pequeño de 1 <sup>a</sup>	1	1gr	
17	Conector DB9 macho	1	2gr	
18	PIC16F877A	1	2gr	
19	Base de integrado de 16 pines	1	1gr	
20	Bornera de 2 bornes	5	1gr	
21	Bornera de 3 bornes	4	1gr	
22	Base para riel din32	1	10gr	Fresado
23	Tapa	1	3gr	Fresado
24	Regla de pines macho	2	1gr	
25	Regla de pines hembra	2	1gr	
26	Puente rectificador de 1A	1	1gr	
27	Porta fusible	2	2gr	
28	Regulador de voltaje LM7805	2	1gr	
29	Regulador de voltaje LM7812	1	1gr	
30	Disipador para TO220	3	1gr	
31	Tuerca	3	1gr	

**4.7.3. Propuesta de rediseño.** Una propuesta de rediseño es trabajar los módulos con componentes de superficie, de esta forma se disminuya el volumen de cada modulo, además se optimiza el espacio. No se considera un cambio, sino una mejora, la cual es añadir a los módulos la capacidad de comunicarse con protocolo Modbus. Cambiar los niveles TTL del RS232 por un nivel físico de RS485.

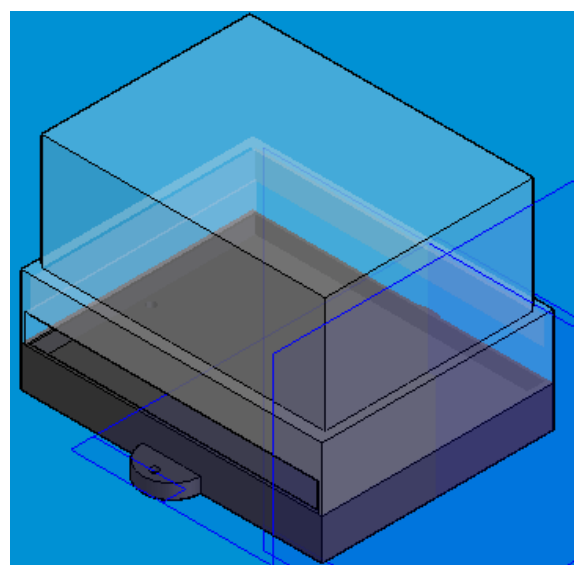
## 4.8. PROTOTIPADO

En la fase de diseño conceptual se implementaron 2 prototipos analíticos para darle soporte a la parte de generación de conceptos modelados en 3D por medio del software Solid Edge. Es decir se realizaron prototipos virtuales para clarificar el concepto generado. (Ver Figura 15)

Figura 15. Prototipos virtuales.



BASE CON RIEL DIN 32.



BASE CON OREJAS PARA EMPOTRAR.

**4.8.1. Prototipado analítico final.** Después de un arduo proceso de diseño, cumpliendo con las necesidades del cliente, las especificaciones del mismo, se puede entregar un diseño de prototipo final. (Ver Figura 16, Figura 17 y Figura 18).

Figura 16. (Prototipo final vista en ISO.)

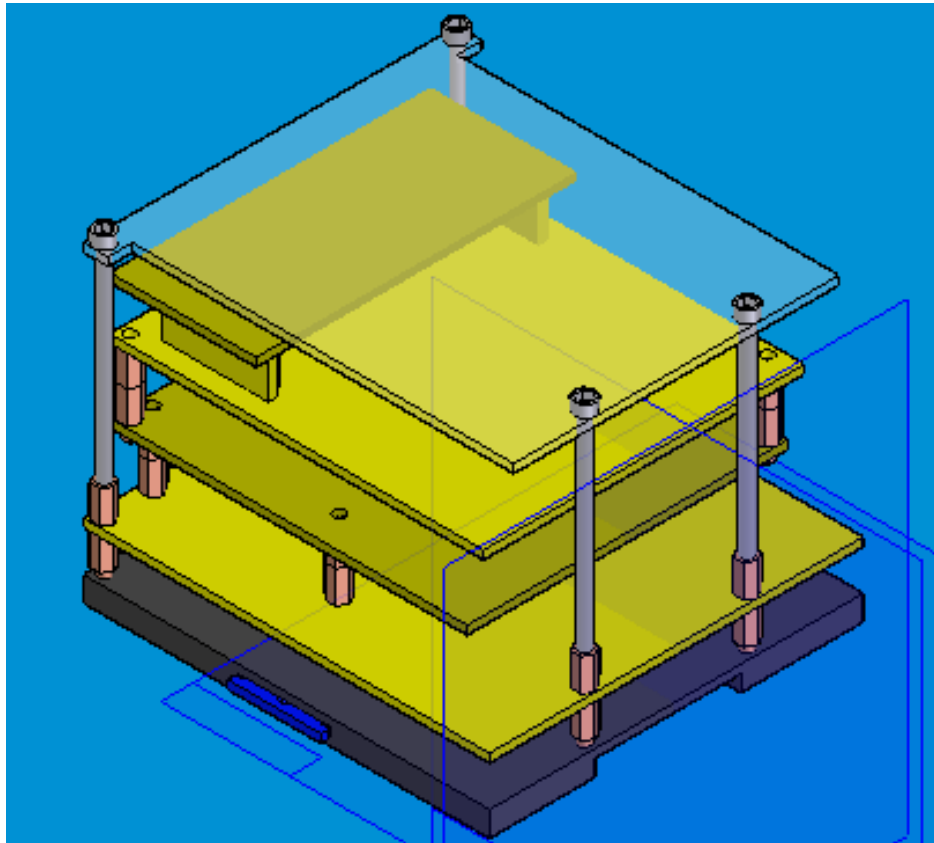


Figura 17. Prototipo final vista en caras.

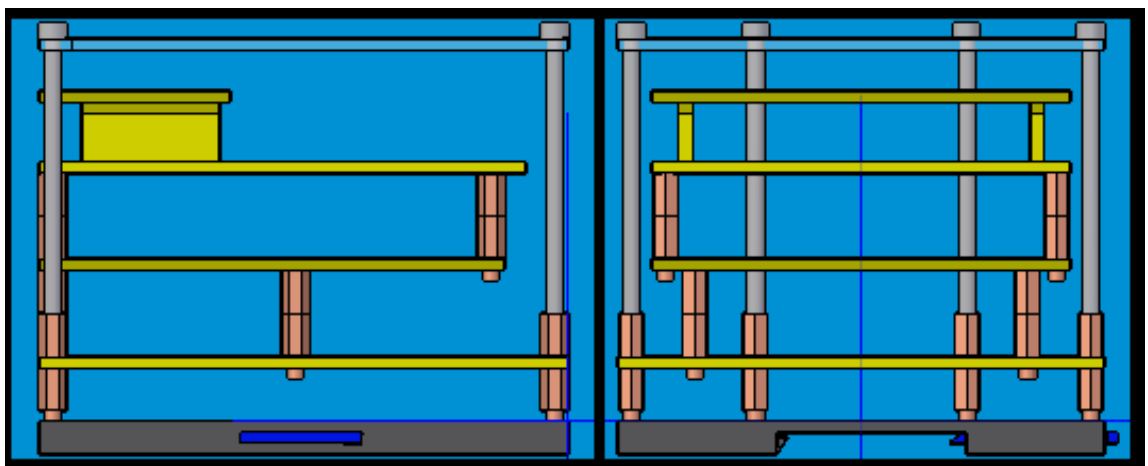
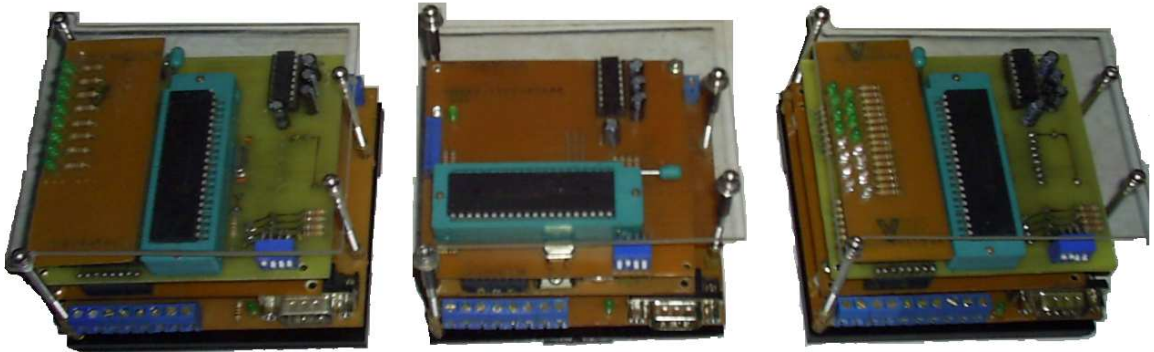




Figura 18. Prototipo Físico.



**4.8.2. Clasificación del prototipado final.** Al fabricar un prototipo tipo alfa permite evaluar una completa funcionalidad del producto, desde luego el objetivo es lograr que funcione óptimamente.

Este prototipo realizado también calificaría como alfa porque las partes son del tamaño real, así mismo el material empleado es de una constitución similar al que se emplearía en una producción final.

Otro punto importante que lo clasifica como prototipo alfa, porque las partes fueron fabricadas con un proceso de producción, con partes de proveedores, se ensamblado por personal especializados. Algo más a tener en cuenta es que con dicho prototipo se pretende evaluar fiabilidad y depurar posibles problemas.

**4.8.3. Técnica de prototipado aplicada.** En la fabricación del prototipo se diseñaron las parte mecánicas y se decidió hacer outsourcing por la limitante da herramienta. Hay que tener en cuenta que las piezas como tornillos son estándar y fabricados por terceros.

En cuanto a la electrónica del los módulos, se diseñaron y fabricaron en la empresa por personal calificado.

Una vez desarrollados todas las piezas de los módulos, se procedió a ensamblar uno a uno los módulos y a realizar las pruebas pertinentes.

#### **4.8.4. Conclusiones parciales del prototipado.**

- El prototipo ayudo a solucionar problemas de programación del micro-controlador.
- El prototipo ayudo a mejorar el aspecto visual del producto.

- El prototipo cumplió con las expectativas del diseño del producto final.

#### **4.9. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO**

Para el dispositivo se implemento un mantenimiento preventivo más que todo si dicho dispositivo se encuentra en lugares adversos o a la intemperie. Para tal dispositivo realizaremos los siguientes pasos:

- Como primer paso de un proceso electrónico es desconectar el dispositivo de la fuente eléctrica. Esta tarea se realiza apagando el switch o breaker del tablero donde esté instalado el dispositivo.
- A continuación con ayuda de un destornillador desconectara todos los cables que estén conectados al dispositivo.
- Removeremos el dispositivo del riel omega din32, esta tarea se realiza utilizando un destornillador. El dispositivo posee un seguro el cual con ayuda del destornillador es halado hacia afuera, esto permite que el dispositivo se levante y sea retirado del riel.
- Paso a seguir es retirar uno a uno de los cuatro (4) tornillos de la tapa superior, esta tarea se realiza utilizando una llave Allen.
- El siguiente paso retirar uno a uno los tornillos y halar una a una las tarjetas para desconectarlas, y de esta forma realizar el mantenimiento.
- Una vez se posean las tarjetas en forma individual procederemos a limpiarlas con limpiador electrónico y a revisar puntos de soldadura.
- Una vez se termina el proceso anterior se procede a armar el dispositivo, esto se logra siguiendo los paso anteriores en forma inversa.

#### **4.10. DISEÑO DETALLADO**

En el diseño detallado se mostrar uno a uno los planos, esquemáticos, especificaciones técnicas de los componentes de los módulos.

Es aclara que algunos de los componentes son los mismos de un módulo a otro. Por ejemplo la base y la tapa que conforman los tres módulos son iguales, otro ejemplo es la tarjeta donde se ubica el micro-controlador. Dicha tarjeta es igual para el módulo de salidas discretas como para el módulo de entradas discretas.

**4.10.1. Modulo discreto de salidas.** Esté módulo consta de cuatro (4) tarjetas. Cada una de dichas tarjetas cumple una función importante. El modulo maneja ocho (8) salidas discretas tipo relay, cada una de las salidas soporta 120VAC o 24VDC a 3A. El módulo se comunica 9600 baudios, sin paridad, a 8bits y sin control de flujo.

A cada tarjeta se le asigno un nombre, el cual es el siguiente:

- Board base sd.
- Board mitad sd.
- Board up sd.
- Board led sd.

A continuación se mostrara una a una las tarjetas y se expondrá la función de dicha tarjeta.

- Board base sd: La función de esta tarjeta es manipular la etapa de potencia del módulo y las conexiones. (Ver Figura 19 y Figura 20).
- Board mitad sd: La función de esta tarjeta es aislar la etapa de potencia de la parte de control del módulo. (Ver Figura 21 y Figura 22).
- Board up sd: La función de esta tarjeta es la base de operaciones del módulo, ya que en dicha tarjeta es encuentra ubicado el micro-controlador. El micro-controlador es un PIC16F877A, este se encarga de recibir la trama de comunicación del maestro, acatar la orden y responder con una trama especifica. (Ver Figura 23 y Figura 24).
- Board led sd: La función de esta tarjeta es la función más simple, cumple con el objetivo de indicar lumínicamente la salida que se encuentra activa. (Ver Figura 25 y Ver Figura 26).

Figura 19. Board base sd.

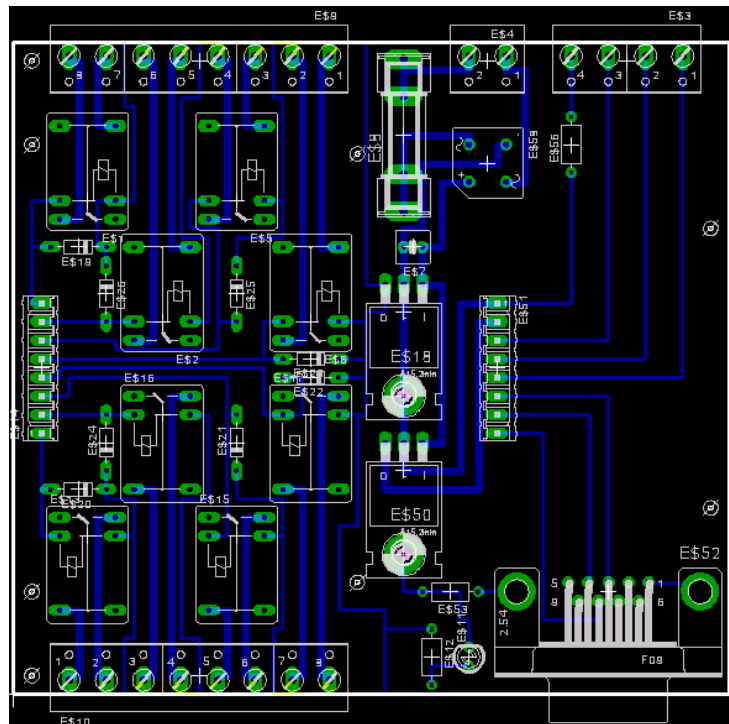


Figura 20. Board base esquemático sd.

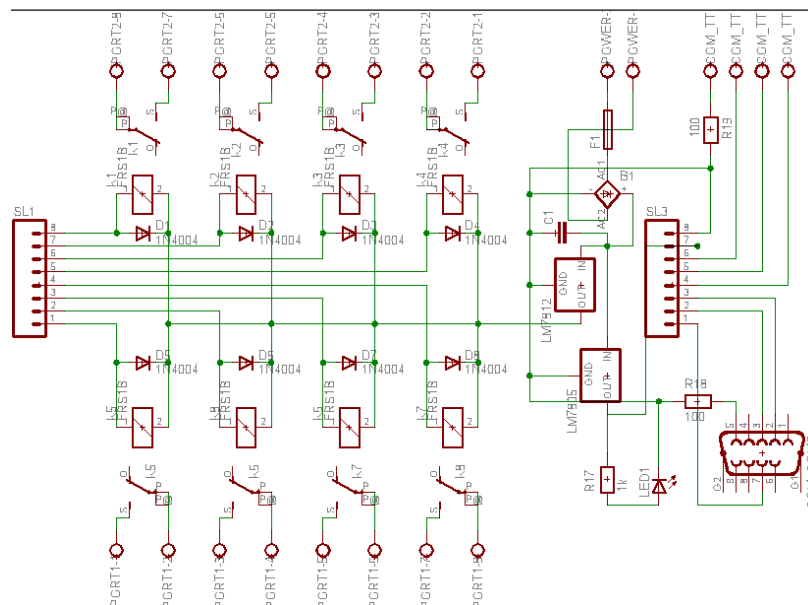


Figura 21. Board mitad sd.

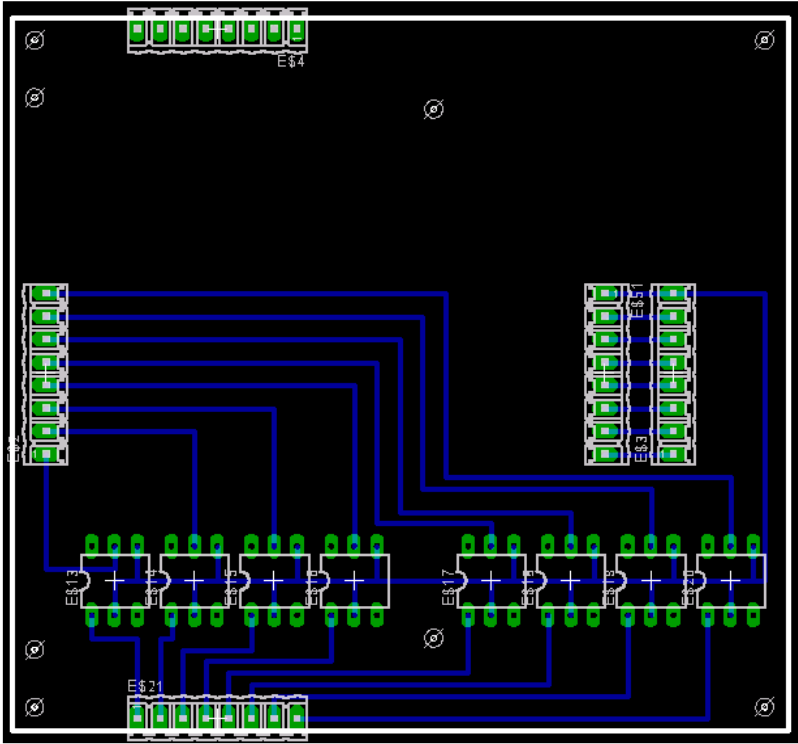


Figura 22. Board mitad esquemático sd

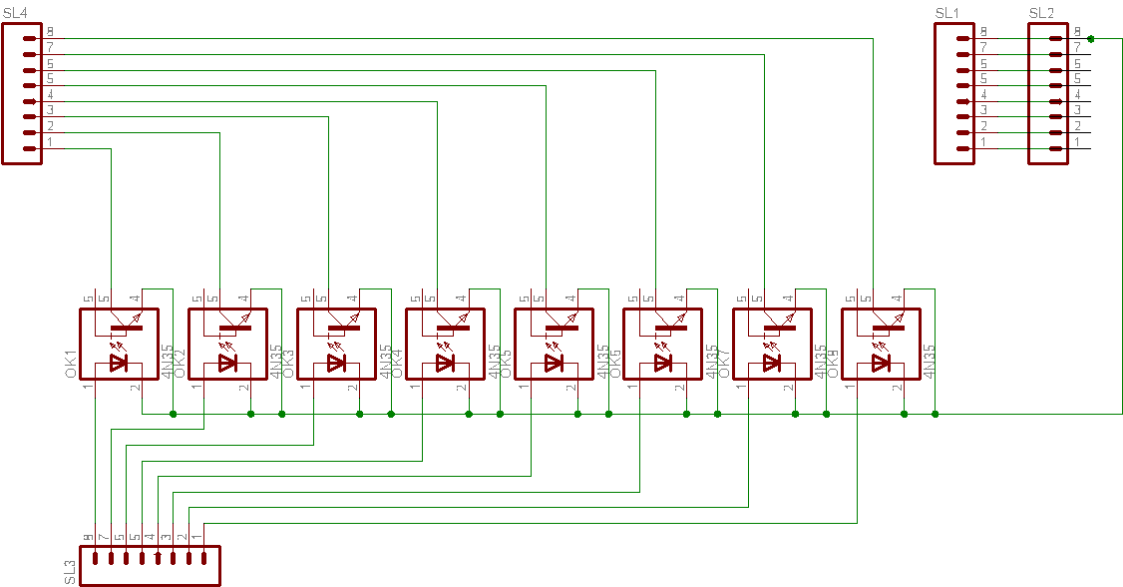


Figura 23. Board up sd.

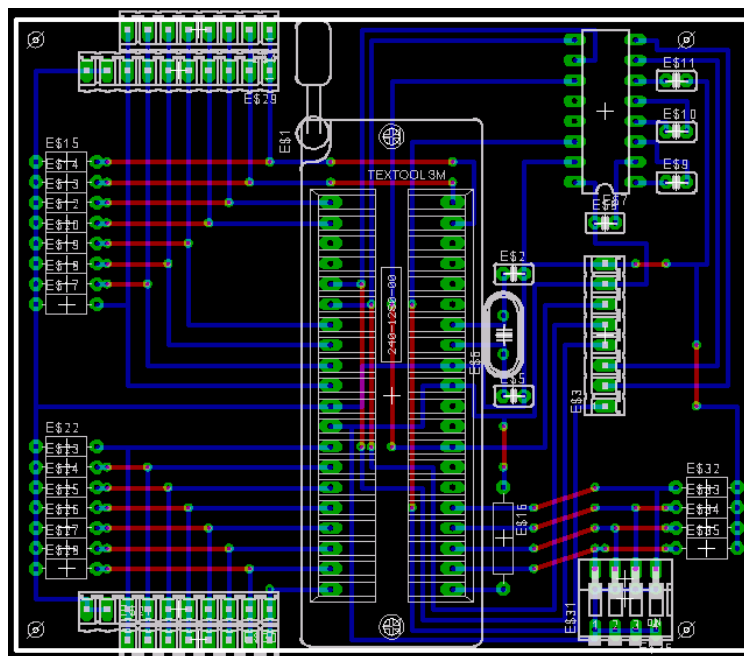


Figura 24. Board up esquemático sd.

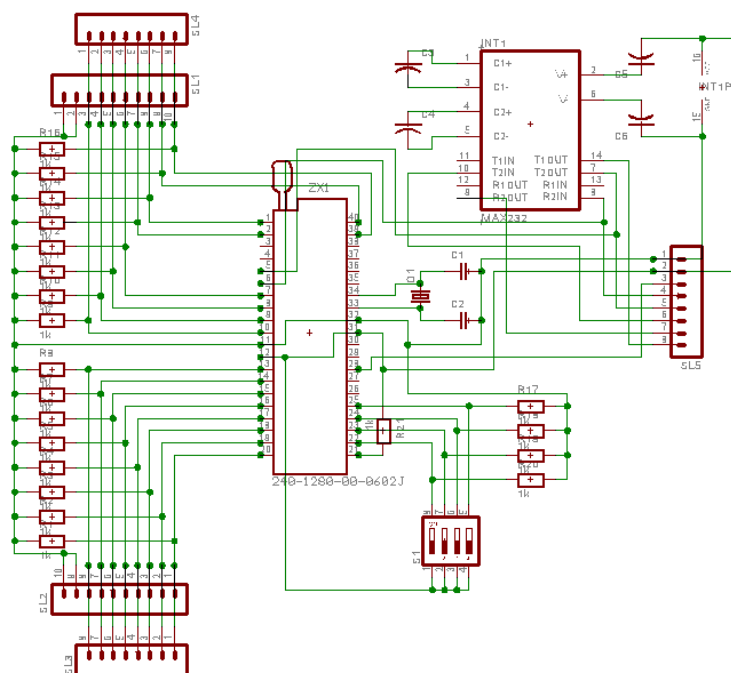


Figura 25. Board led sd.

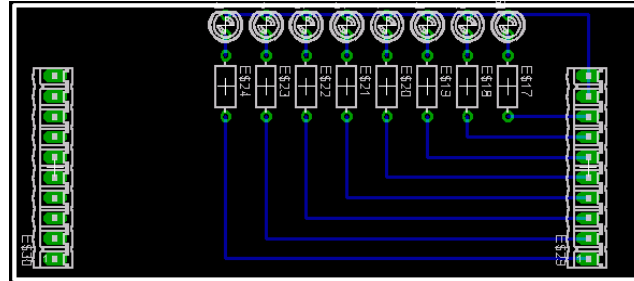
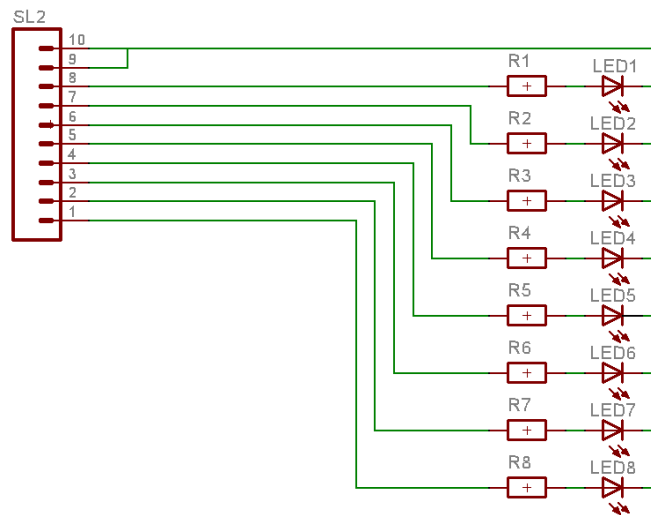


Figura 26. Board led esquemático sd.



**4.10.2. Módulo discreto de entradas.** Este módulo consta de cuatro (4) tarjetas. Cada una de dichas tarjetas cumple una función importante. A cada tarjeta se le asigna un nombre, en este modulo, el cual es el siguiente:

- Board base ed.
- Board mitad ed.
- Board up ed.
- Board led ed.

El nombre de las tarjetas es igual a las anteriores porque la arquitectura y la funciones es similar al módulo de salidas discretas. El modulo maneja dieciséis (16) salidas discretas optocopladas, cada una de las entradas fue diseñada para soporta de 12 a 24VDC. El módulo se comunica 9600 baudios, sin paridad, a 8bits y sin control de flujo.

A continuación se mostrara una a una las tarjetas y se expondrá la función de dicha tarjeta.

- Board base ed: La función de esta tarjeta es manipular la etapa de potencia del módulo y las conexiones. (Ver Figura 27 y Figura 28)
- Board mitad ed: La función de esta tarjeta es aislar la etapa de potencia de la parte de control del módulo. (Ver Figura 29 y Figura 30)
- Board up ed: La función de esta tarjeta es la base de operaciones del módulo, ya que en dicha tarjeta es encuentra ubicado el micro-controlador. El micro-controlador es un PIC16F877A, este se encarga de recibir la trama de comunicación del maestro, acatar la orden y responder con una trama específica. (Ver Figura 23 y Figura 24)
- Board led ed: La función de esta tarjeta es la función más simple, cumple con el objetivo de indicar lumínicamente la salida que se encuentra activa. (Ver Figura 31 y Figura 32)

Figura 27. Board base ed.

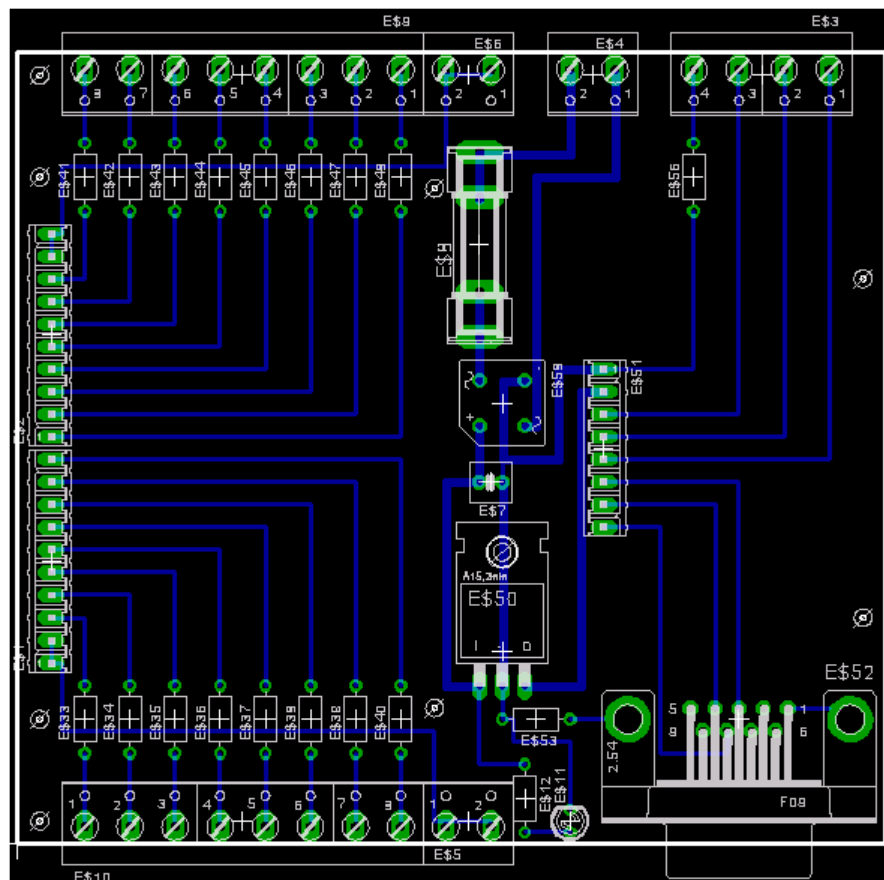




Figura 28. Board base esquemático ed.

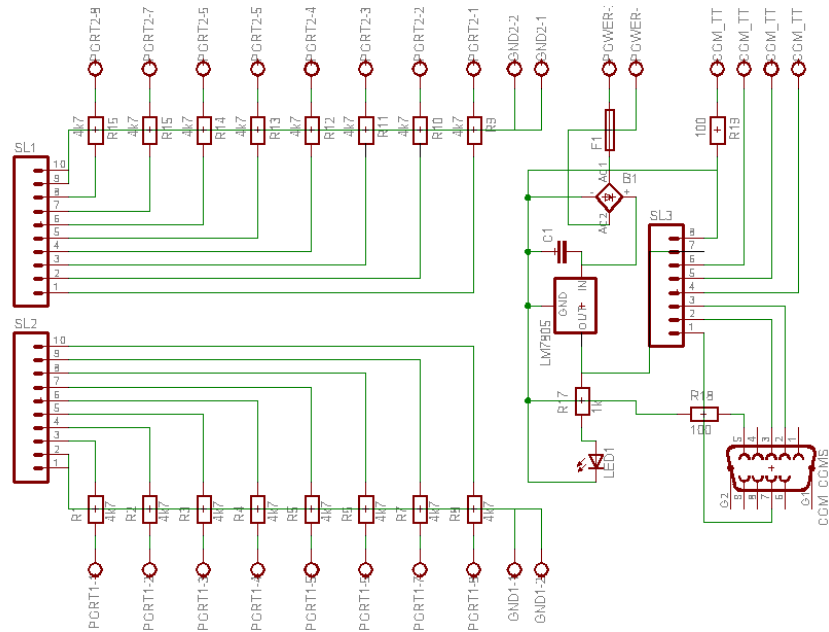


Figura 29.Board mitad ed.

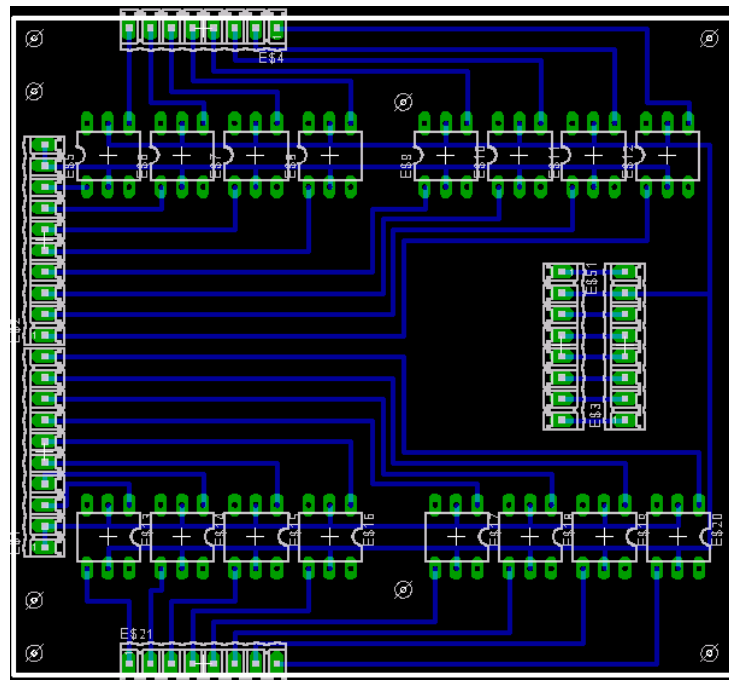


Figura 30. Board mitad esquemático ed.

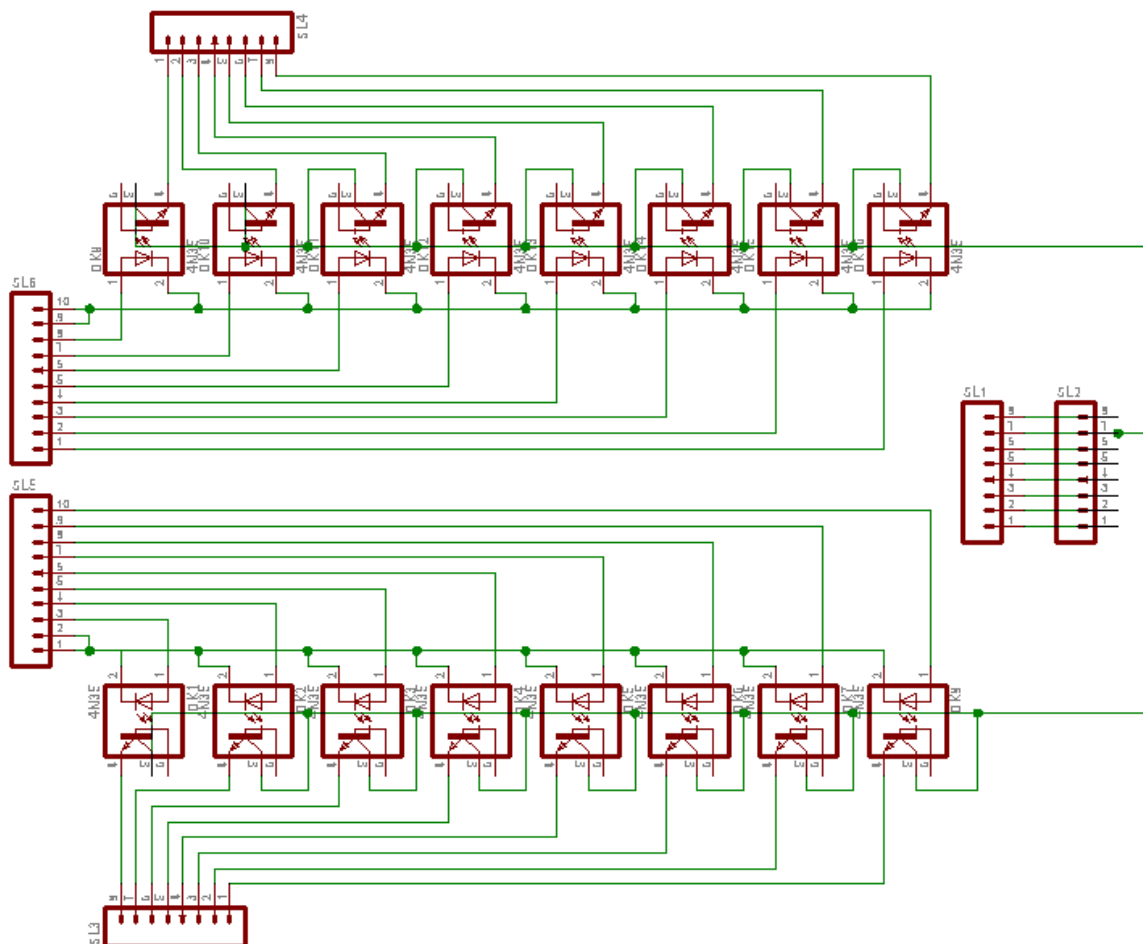


Figura 31. Board led ed.

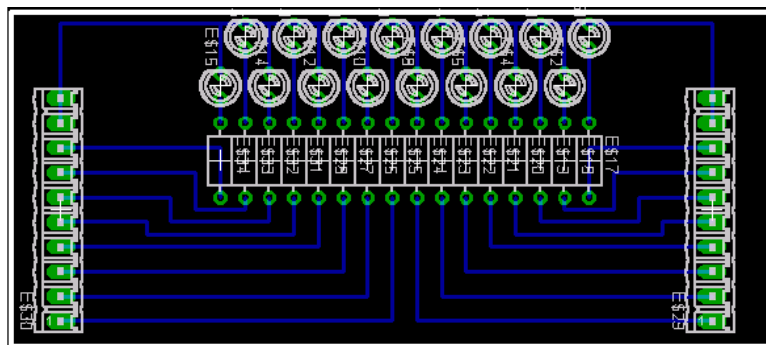
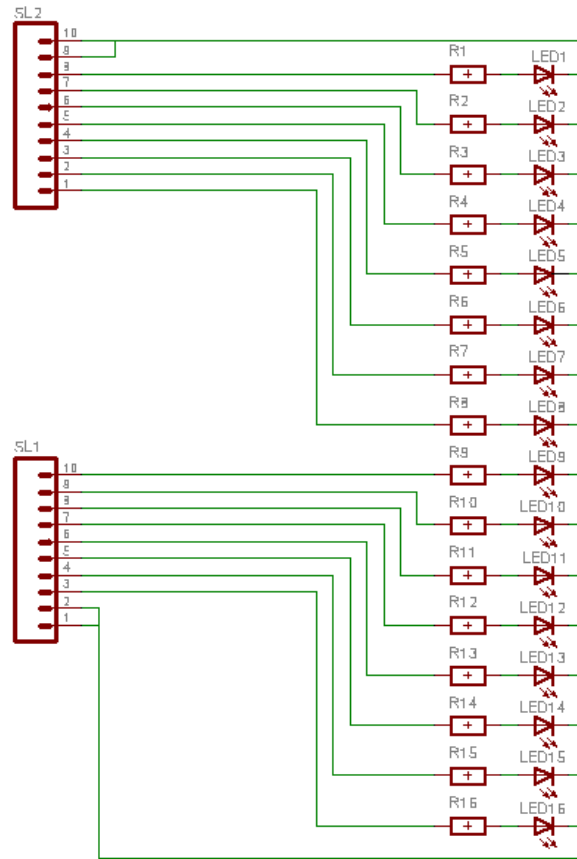


Figura 32. Board led esquemático ed.



**4.10.3. Módulo análogo de entradas.** Este módulo consta de tres (3) tarjetas. Cada una de dichas tarjetas cumple una función importante. El modulo maneja ocho (8) entradas análogas, cada una de las entradas fue diseñada para soporta de 0 a 10VDC. El módulo posee una resolución de 10 bits en el convertidor. El modulo se comunica 9600 baudios, sin paridad, a 8bits y sin control de flujo.

A cada tarjeta se le asigno un nombre, en este módulo, el cual es el siguiente:

- Board base an.
- Board mitad an.
- Board up an.

El nombre de las tarjetas es igual a las anteriores porque la arquitectura y la funciones es similar a los módulos anteriores.

A continuación se mostrara una a una las tarjetas y se expondrá la función de dicha tarjeta.

- Board base an: La función de esta tarjeta es manipular la etapa de potencia del módulo y las conexiones. (Ver Figura 33 y Figura 34.).
- Board mitad an: La función de esta tarjeta es encarga de regular el voltaje del módulo. (Ver Figura 35 y Figura 36.).
- Board up an: La función de esta tarjeta es la base de operaciones del módulo, ya que en dicha tarjeta es encuentra ubicado el micro-controlador. El micro-controlador es un PIC16F877A, este se encarga de recibir la trama de comunicación del maestro, acatar la orden y responder con una trama específica. (Ver Figura 37 y Figura 38.).

Figura 33. Board base an.

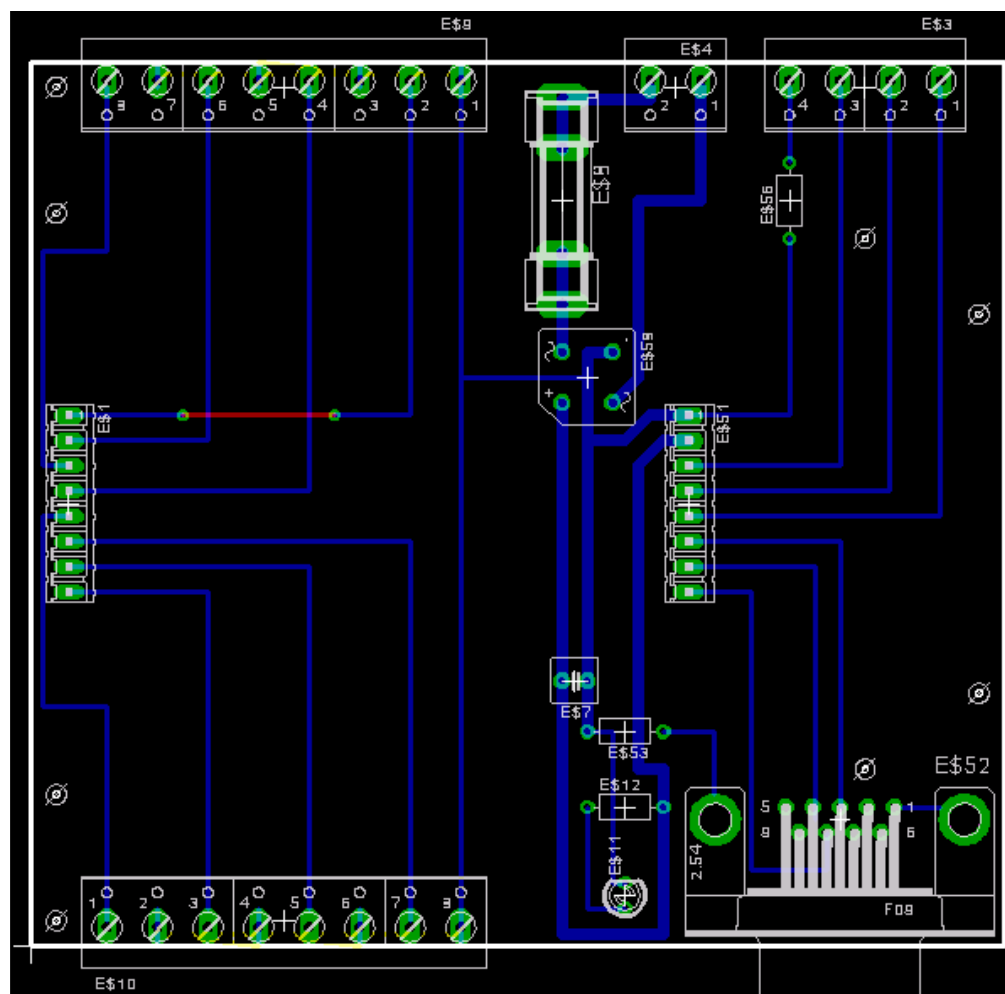


Figura 34. Board base esquemático an.

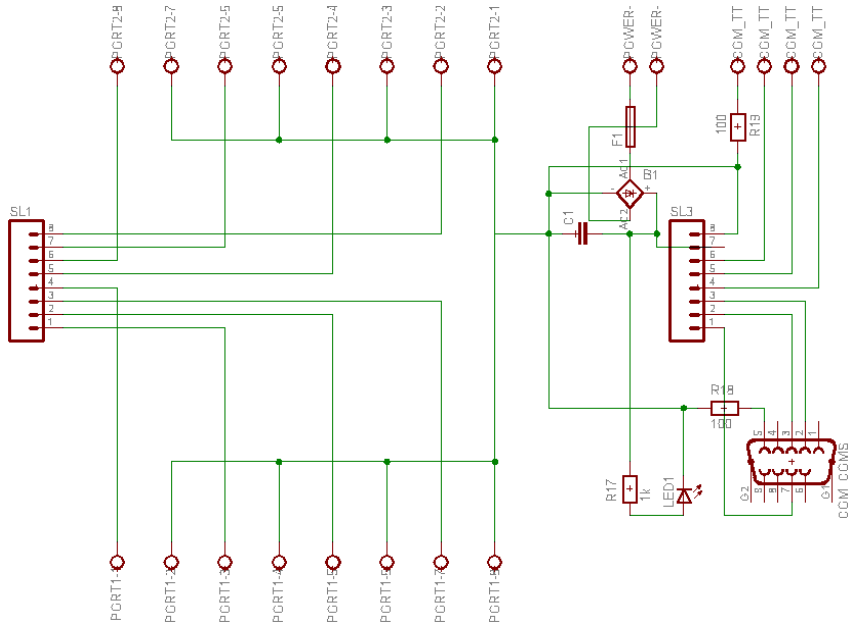


Figura 35. Board mitad an.

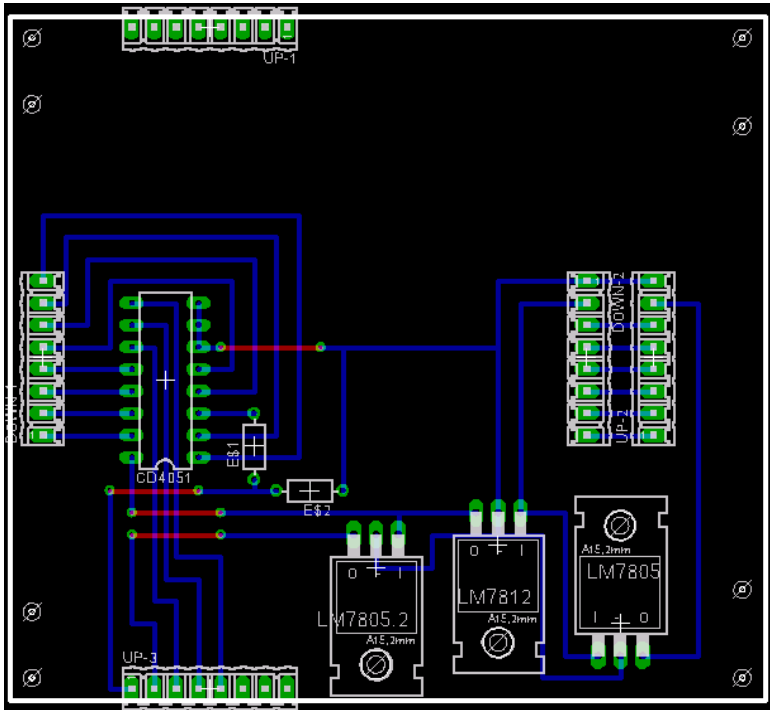


Figura 36. (Board mitad esquemático an.)

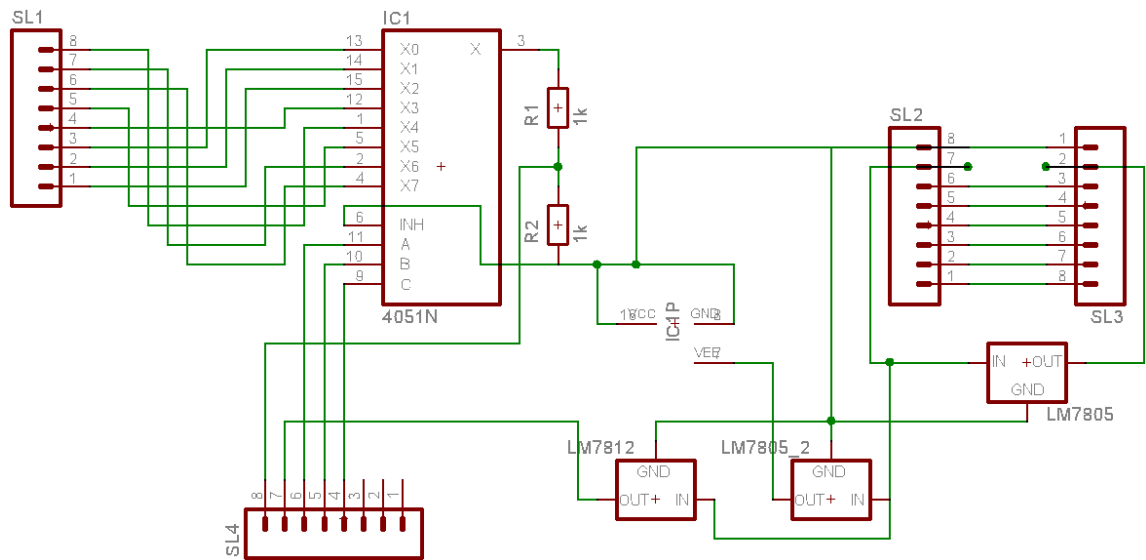


Figura 37. Board up an.

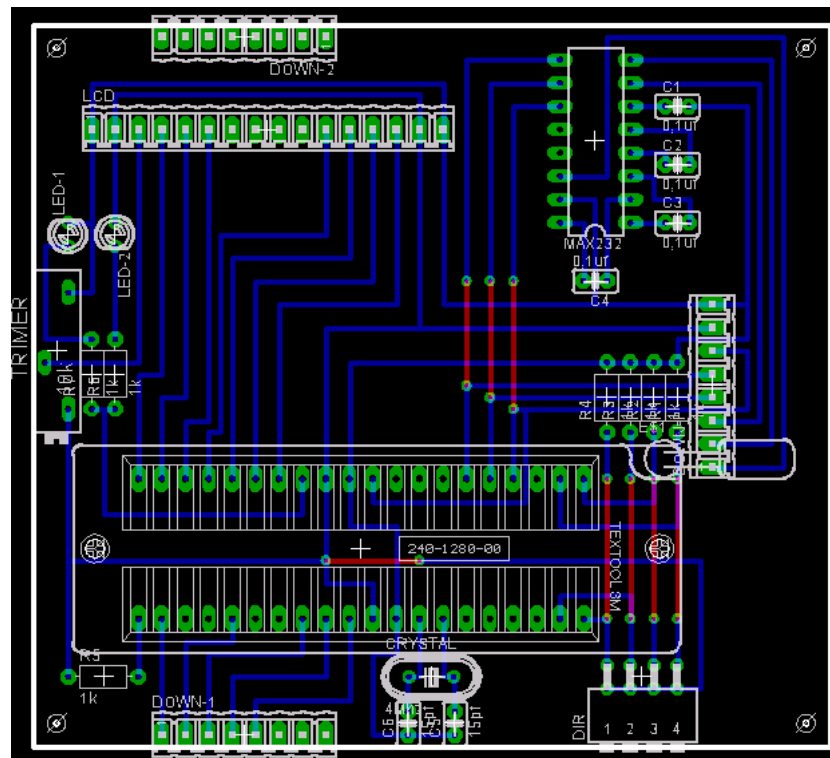
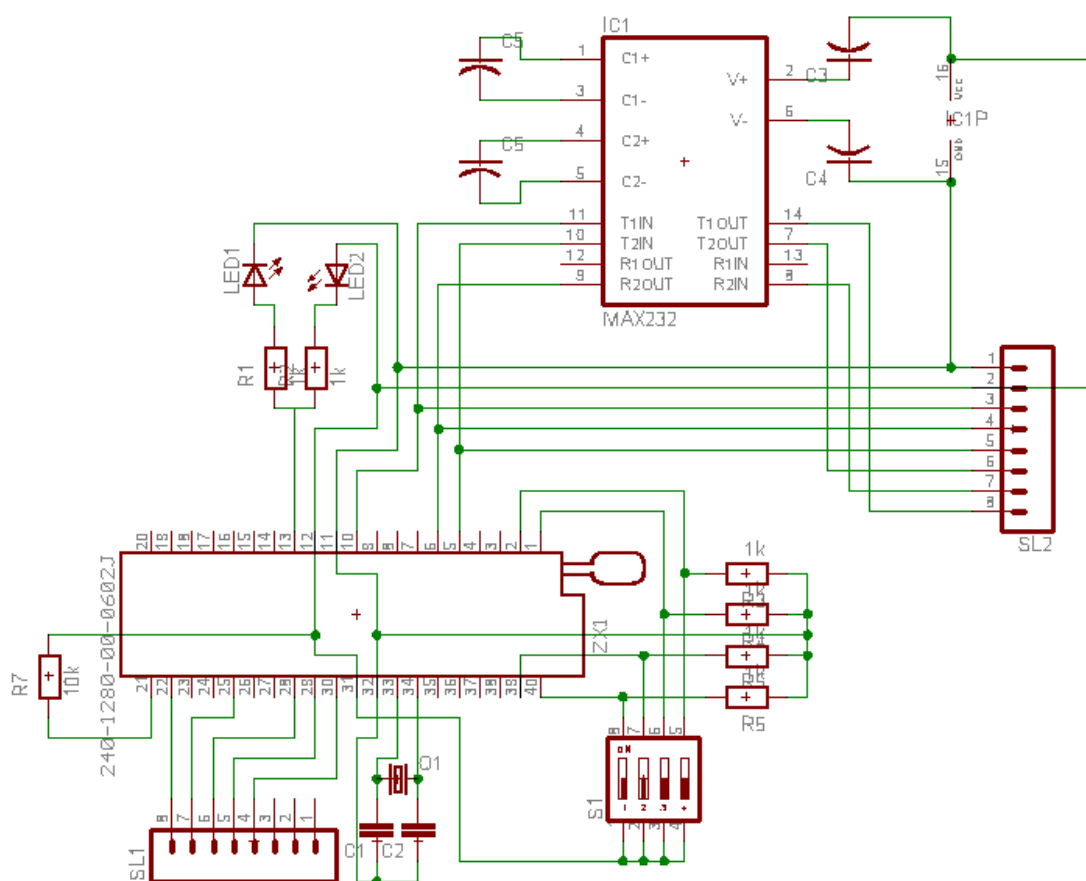


Figura 38. Board up an esquemático



**4.10.4. Protocolo de comunicación.** Como se anuncio en el nombre del proyecto. El protocolo que se desarrollo en los módulos fue el de ASCII libre. Este protocolo es verdaderamente simple y sencillo, pero esto no quiere decir que sea ineficiente y poco confiable. Por el contrario al ser corto y conciso genera mucha más confianza y velocidad en la comunicación.

A continuación, se presentarán las tramas de comunicación. Dichas tramas constan de una pregunta del maestro (PC, PLC, etc.) y una respuesta del esclavo (Módulos).

**4.10.4.1. Trama de inicialización.** La trama de inicialización se diseño para detectar el número y tipo de módulos que se encuentran conectados a la red. La trama de inicialización es: (Ver Tabla 14).

Tabla 14. Trama de inicialización.

Pregunta del Maestro				
Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5
Dirección Esclavo	“S”	“Q”	CRC 16	
Respuesta Esclavo Tipo “O” (Módulo de Salidas Discretas)				
Dirección Maestro	Dirección Esclavo	“O”	CRC 16	
Respuesta Esclavo Tipo “I” (Módulo de Entradas Discretas)				
Dirección Maestro	Dirección Esclavo	“I”	CRC 16	
Respuesta Esclavo Tipo “O” (Módulo de Entradas Analógicas)				
Dirección Maestro	Dirección Esclavo	“A”	CRC 16	

**4.10.4.2. Trama de pregunta Tipo "O":** La trama de pregunta tipo O se diseño para ordenar y preguntar los datos de los módulos de salidas discretas. La trama de pregunta Tipo "O" es: (Ver Tabla 15).

Tabla 15. Trama de pregunta Tipo "O".

Pregunta del Maestro				
Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5
Dirección Esclavo	“O”	Dato	CRC 16	
Respuesta Esclavo Tipo “O” (Módulo de Salidas Discretas)				
Dirección Maestro	“O”	Dato	CRC 16	

**4.10.4.3. Trama de pregunta Tipo "I":** La trama de pregunta tipo I se diseño para preguntar los datos de los módulos de entradas discretas. La trama de pregunta Tipo "I" es: (Ver Tabla 16).

Tabla 16. Trama de pregunta Tipo "I".

Pregunta del Maestro				
Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5
Dirección Esclavo	"I"	Dato	CRC 16	
Respuesta Esclavo Tipo "I" (Módulo de Entradas Discretas)				
Dirección Maestro	Dato	Dato	CRC 16	



**4.10.4.4. Trama de pregunta Tipo “A”:** La trama de pregunta tipo I se diseño para preguntar los datos de los módulos de entradas discretas. La trama de pregunta Tipo “A” es: (Ver Tabla 17).

Tabla 17. Trama de pregunta Tipo “A”.

Pregunta del Maestro																		
Byte 1	B 2	B3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 10	B 11	B 12	B 13	B 14	B 15	B 16	B 17	B 18	B 19
Dirección Esclavo	“I”	Dato	CRC 16															
Respuesta Esclavo Tipo “A” (Módulo de Entradas Analógicas)																		
Dirección Maestro	D 0	D 0	D 1	D 1	D 2	D 2	D 3	D 3	D 4	D 4	D 5	D 5	D 6	D 6	D 7	D 7	CRC 16	
	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L		

**4.10.5. Planos mecánicos (Caja).** Cumpliendo con los requisitos y las necesidades del cliente. Se diseñaron las partes mecánica. Dichas parte mecánica cumple la funcionalidad de proteger y dar soporte a los componentes electrónicos. Dicha funcionalidad es que el módulo se ensamble sobre riel omega din32.

Las partes mecánicas son básicamente dos. Los demás componentes mecánicos son estándar. Los componentes básicos se les asigno el nombre de:

- BASE. (Ver Figura 39.)
- TAPA. (Ver Figura 40.)

Figura 39. Plano BASE.

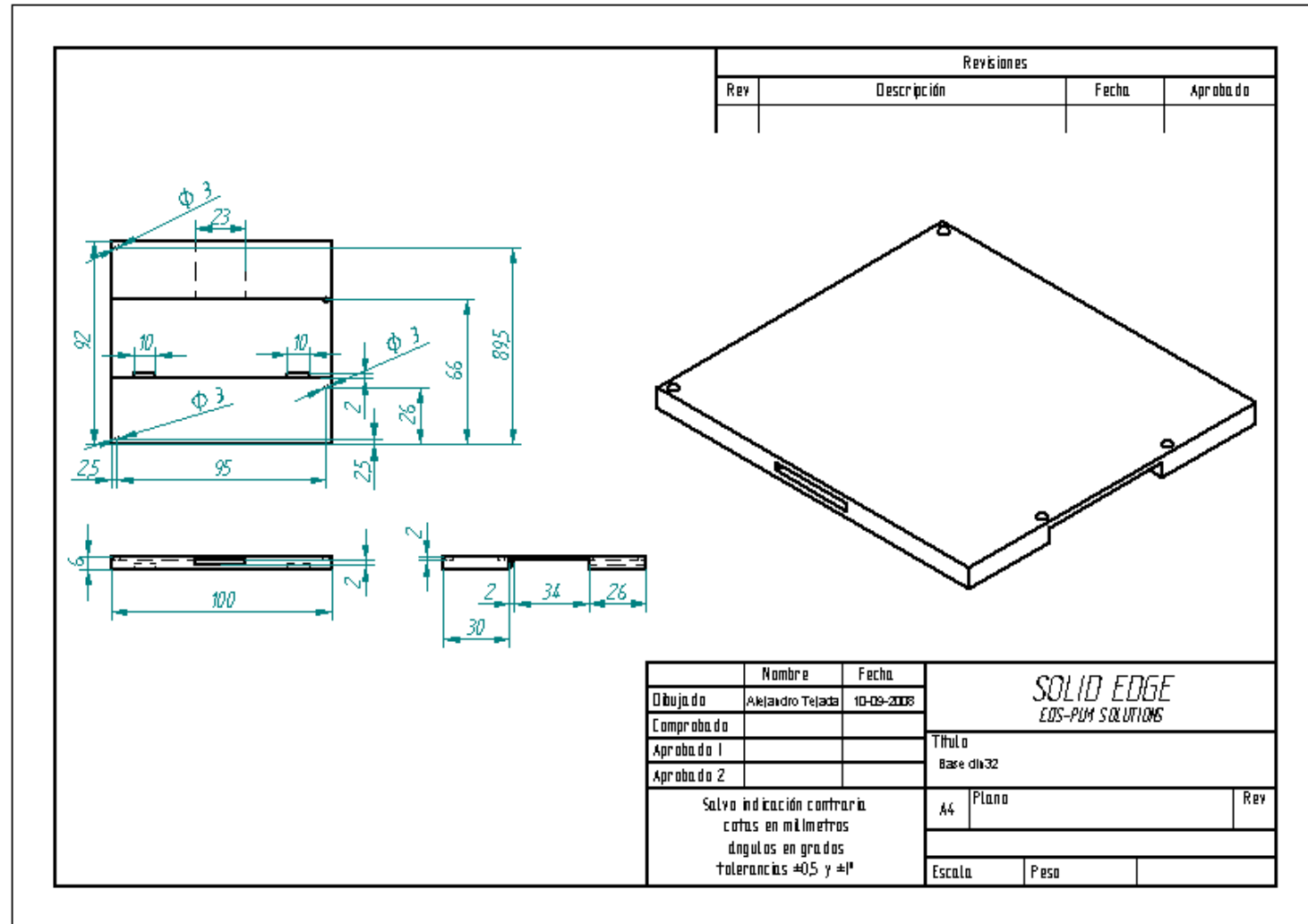
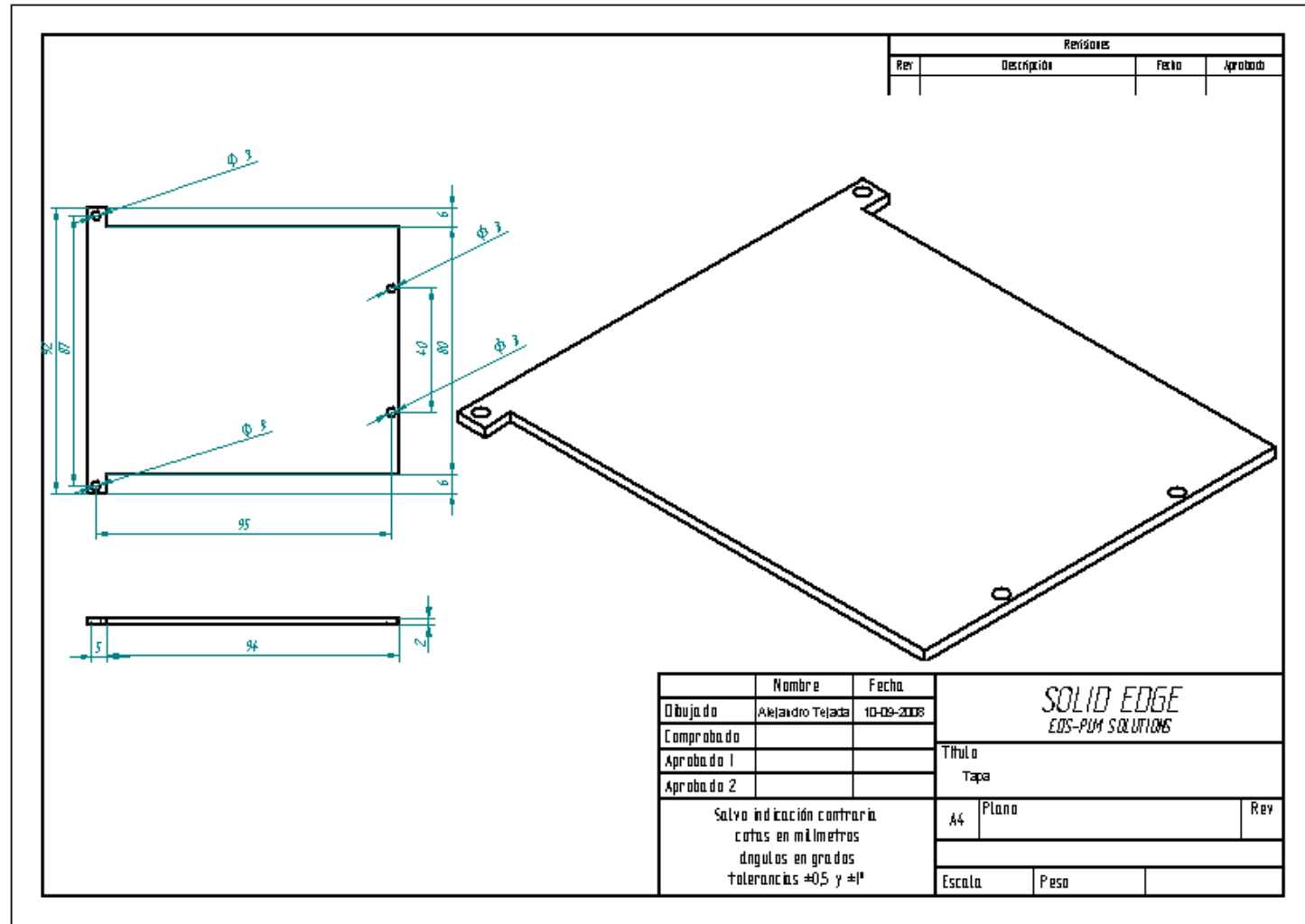
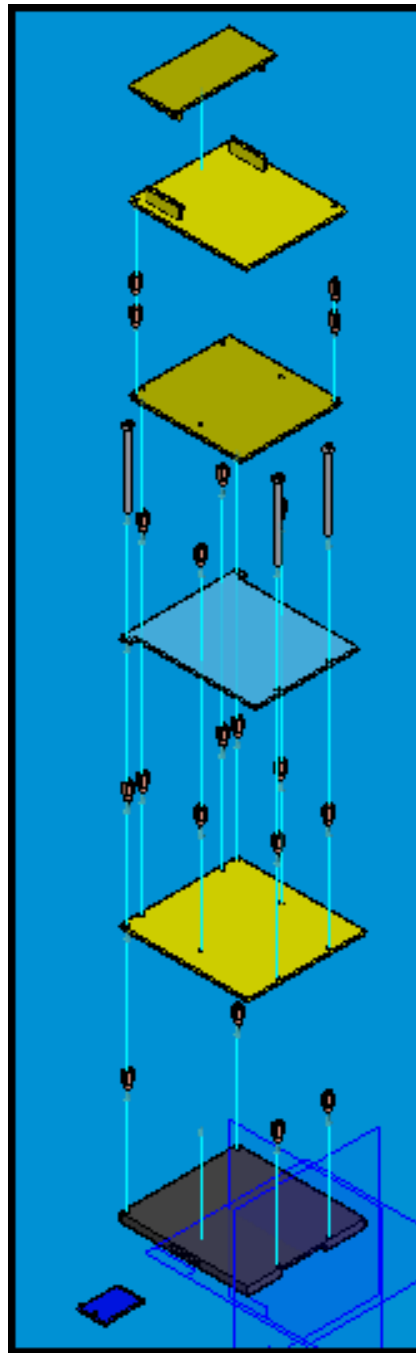


Figura 40. Plano TAPA.



**4.10.6. Vista en explosión.** En la vista en explosión se encuentra el prototipo virtual del módulo en explosión. (Ver Figura 41).

Figura 41. Vista en Explosión.



## **5. RESULTADOS DE PRUEBAS DEL PROTOTIPO.**

En el siguiente capítulo se mostrara los resultados arrojados en las pruebas aplicadas al prototipo. Se expondrá a groso modo el tipo de prueba aplicada.

Las pruebas mecánicas se desempeñaron satisfactoriamente. Recalcando que el prototipo no posee muchos componentes móviles. El aspecto visual y el volumen del prototipo no fueron excesivos. El diseño de las piezas obtuvo un óptimo desempeño.

El test realizado individualmente a cada prototipo a través de una conexión RS232 se desempeñó satisfactoriamente. El test realizado a los módulos a través de una conexión en red RS485 genero fallas en la conexión. Estas fueron corregidas modificando el programa en el micro-controlador y correcciones en el software manager.

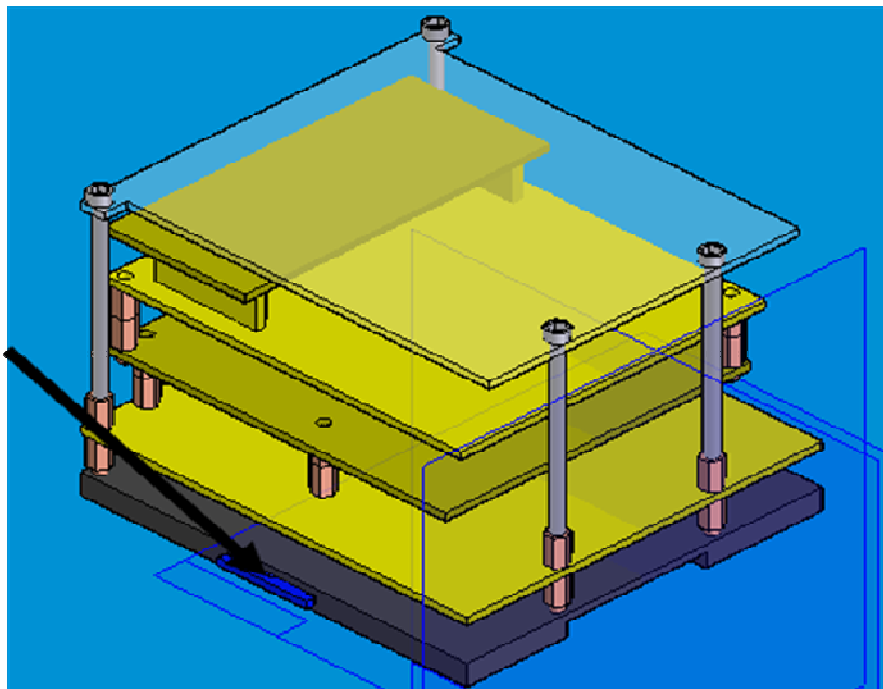
## 6. MANUAL DE USUARIO

### Contenido:

- Instalar el modulo sobre el riel.
- Asignación de la dirección del modulo.
- Instalación eléctrica.
- Conectividad.
- Software.
- Diagnostico de fallas.

### Instalar el modulo sobre el riel.

Figura 42. Seguro del modulo.



Como se observa en la figura anterior, con ayuda de un destornillador se empuja la pieza hacia afuera. Esta pieza es un seguro. La pieza asegura el modulo en el riel.

### Asignación de la dirección del modulo.

El modulo en la parte superior al conector DB9 posee un selector de switch. Por medio de dicho selector se asigna la dirección del modulo. El selector esta numerado del uno (1) al cuatro (4), donde el 1 es el menos significativo y el 4 el más significativo. En la siguiente tabla muestra las posibles asignaciones:

Tabla 18. Selección de dirección.

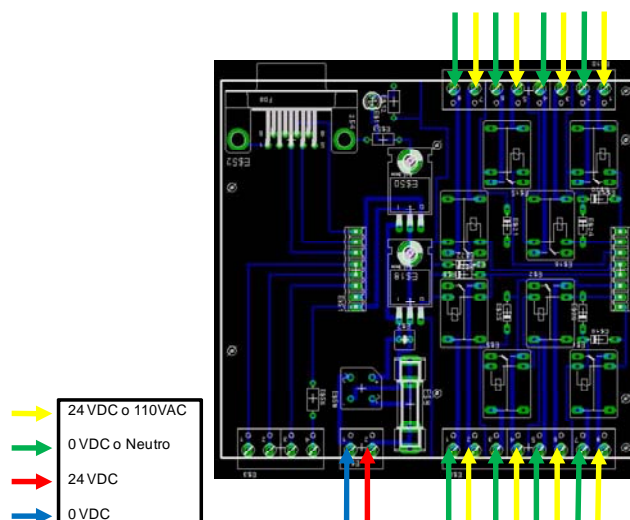
1	2	3	4	Dirección
OFF	OFF	OFF	OFF	0
ON	OFF	OFF	OFF	1
OFF	ON	OFF	OFF	2
ON	ON	OFF	OFF	3
OFF	OFF	ON	OFF	4
ON	OFF	ON	OFF	5
OFF	ON	ON	OFF	6
ON	ON	ON	OFF	7
OFF	OFF	OFF	ON	8
ON	OFF	OFF	ON	9
OFF	ON	OFF	ON	10
ON	ON	OFF	ON	11
OFF	OFF	ON	ON	12
ON	OFF	ON	ON	13
OFF	ON	ON	ON	14
ON	ON	ON	ON	15

El modulo puede ser asignado el valor de cero (0), pero esta dirección nunca debe ser asignada. La dirección cero (0) se encuentra predeterminada al maestro de la red (PC, PLC, etc.)

**Instalación eléctrica.** Las conexiones eléctricas son a través de borneras, por ende es necesario un destornillador para la instalación. Se recomienda realizar la cometida eléctrica con cable calibre #20.

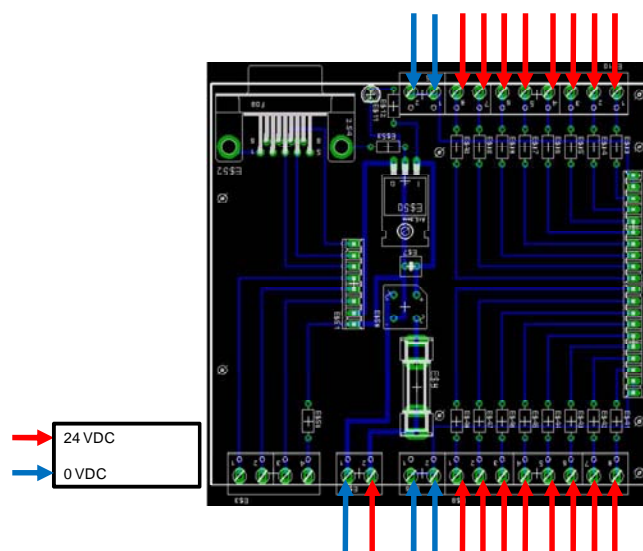
- **Módulo salidas discretas:** En la siguiente figura se muestra como realizar la conexión.

Figura 43. Conexión del modulo de salidas discretas.



- **Modulo entradas discretas:** En la siguiente figura se muestra como realizar la conexión.

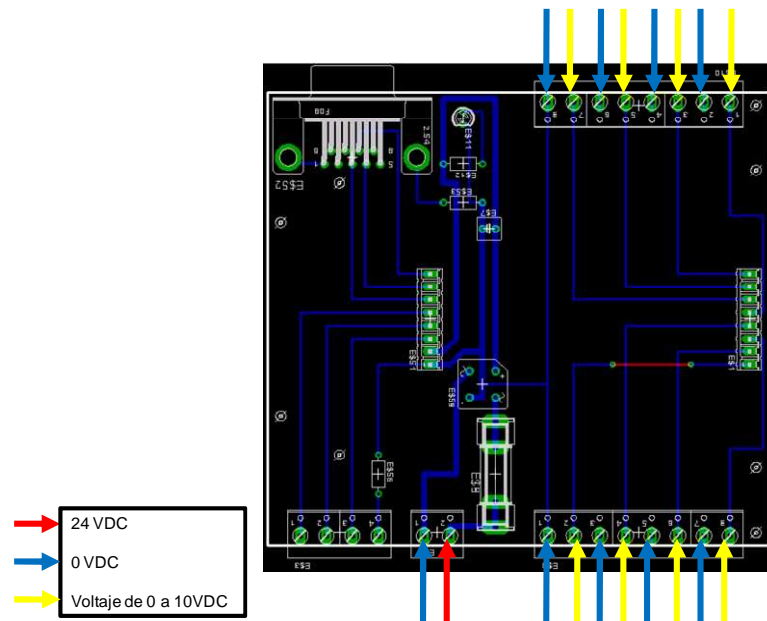
Figura 44. Conexión del modulo de entradas discretas.





- **Modulo entradas analógicas:** En la siguiente figura se muestra como realizar la conexión.

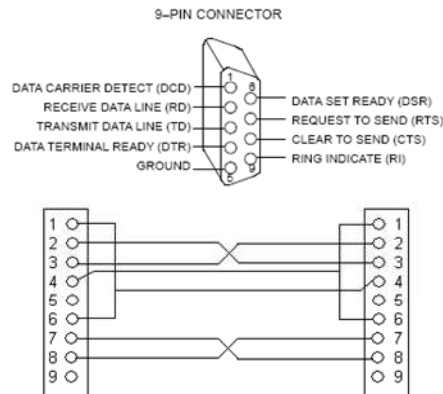
Figura 45. Conexión del modulo de entradas análogas.



### Conectividad.

La conexión física de los módulos se realiza por medio del protocolo físico RS232. Dicha conexión se realiza en niveles CMOS o TTL. Se aclara que el puerto físico es uno solo, a pesar que el modulo posea dos (2) interfaces de conexión, se realiza la conexión solo por uno de los dos niveles. La conexión en niveles CMOS, se realiza por medio de un cable cruzado, como lo muestra la siguiente figura:

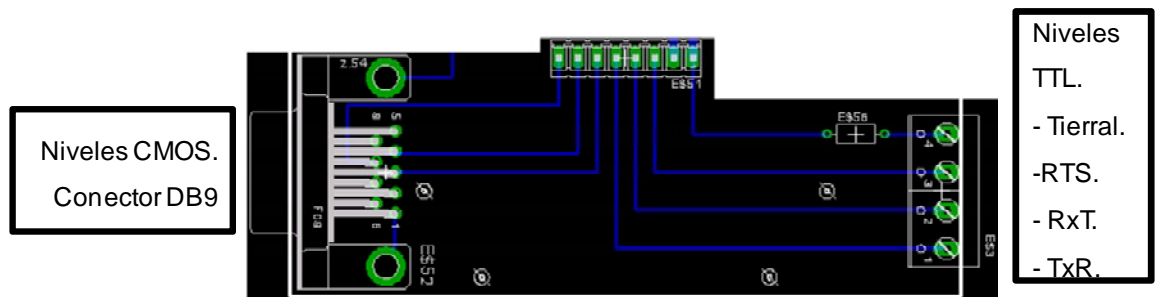
Figura 46. Cable de comunicación.



Fuente: Lemos, Jesús A. Notas de clase curso “Informática 2”. Facultad de Ingenierías: Universidad Autónoma de Occidente: Cali.

La conexión en niveles TTL del modulo se realiza por medio de borneras. En la siguiente figura se muestra la configuración de las borneras:

Figura 47. Niveles del RS232.



## Software

El software implementado es un ejemplo realizado en “Visual Studio Express 2008”. Para el funcionamiento del mismo del software es necesario que en el PC se cumplan con los siguientes requisitos:

- Sistema operativo Windows 2000/XP.
- .net frameworks 2.0.
- Puerto serial.

El software se instala de forma muy simple. Se inserta el CD en el PC y se siguen los pasos de instalación.

El software posee un ejecutable el cual pone a correr el programa. El software posee un HMI. (Interface hombre maquina) El cual es casi automático. Este cada vez que sea ejecutado. Inicialmente se encarga de buscar y establecer una conexión con los módulos encontrados.

Una vez que establezca una conexión se encargara de gestionar cada uno de los módulos conectados.

El software posee una capacidad máxima de ocho módulos conectados a él, sin importar el tipo de módulos que se encuentren conectados.

Nota importante: Los módulos conectados deben poseer direcciones diferentes, así el modulo sea de diferente tipo. Ejemplo:

Tabla 19. (Ejemplo dirección de los módulos.)

Tipo	Dirección		Tipo	Dirección
"A"	1		"A"	1
"I"	1		"I"	2
"I"	2		"I"	3

Incorrecto                      Correcto

En la siguiente figura se muestra la ventana principal del software:

Figura 48. Ventana principal.

Se muestra claramente que lo único configurable por el usuario el puerto por el cual se realiza la conexión. Algo importante que debe aclarar el usuario es: Si se conectara en forma RS232 o en RS485.

### Diagnostico de falla.

En caso de falla, revisar las conexiones del modulo, repetir uno a uno los pasos anteriores y las sugerencias del producto.

## **7. CONCLUSIONES**

- Se realizó un estudio de mercado y de antecedentes tecnológicos, concluyendo una retrospectiva de la competencia directa del producto desarrollado.
- Con la implementación del método de ingeniería concurrente para el desarrollo del dispositivo, se concluyó un prototipo del producto final optimizando recursos y cumpliendo a cabalidad las necesidades y requerimientos del cliente.
- Se aplicaron pruebas de campo al prototipo desarrollado. Las cuales dieron como resultado mejoras y rediseño en la programación del micro-controlador.
- Se realizó el manual de usuario. (Operación y Mantenimiento).
- Se laboró un artículo en formato IFAC o ICONTEC basado en el tema de la pasantía.

## BIBLIOGRAFÍA

BERTOLINE, Gary R. Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica. 2 ed. México: McGraw Hill, 1999. 1264 p.

Cátalogo de productos [en línea]. Estados Unidos, Lakewood: Labjack, 2008 [Consultado 1 Febrero, 2008]. Disponible en internet:  
<http://www.labjack.com>

Cátalogo de productos [en línea]. Estados Unidos: USB-DUX, 2008 [Consultado 1 Febrero, 2008]. Disponible en internet:  
<http://www.linux-usb-daq.co.uk>

Cátalogo de productos [en línea]. Estados Unidos: IOtech, 2008 [Consultado 1 Febrero, 2008]. Disponible en internet:  
<http://www.iotech.com/catalog/daq/persdaq.html#order>

Cátalogo de productos [en línea]. Estados Unidos, Texas: National Instrument, 2008 [Consultado 1 Febrero, 2008]. Disponible en internet:  
<http://www.ni.com>

COUGHLIN Robert. Circuitos integrados lineales y amplificadores operacionales. 2 ed. México: Prentice Hall, 1987. 394 p.

Notas de clase de Aplicaciones industriales con micro-controladores. Héctor F. Rojas, Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, 2007. 14 h.

Notas de clase de Informática 2. Profesor Jesús A Lemos, Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, 2003. 20h.

OPPENHEIM, Alan V. Señales y sistemas. 2 ed. Madrid: Prentice Hall, 2005. 873 p.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. 4 ed. Madrid: Prentice Hall, 2007. 965 p.

PERTENCE Antonio. Amplificadores operacionales y filtros activos: Teoría, proyectos y aplicaciones prácticas. Madrid: McGraw Hill, 1991. 295 p.

Ulrich, K.T. et.al. Product Design and Development. 2 ed. Boston, Mass: McGraw Hill, 2000. 358 p.

## ANEXOS

### Anexo A. Código de programa del modulo de salidas discretas.

#### Principal:

```
#include <16F877A.h>
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock = 4000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)

int8 dir_esclavo;

// Activa libreria del puerto serial
#include <Mis_variables.h> //libreria donde se nombro variables propias.
#include <Setup.h> // librería de inicio del micro.
#include <Protocolo.h> // librería de comunicación

#INT_RDA
void serial_isr(){
    protocolo();
}

void main(){
    setup(); // Inicia el micro
    enable_interrupts(global); //Activa las interrupciones del micro
    enable_interrupts(INT_RDA); //Activa la interrupción de comunicación Serial
    dir_esclavo = PORTA;
    while(TRUE){

    }
}
```

#### Setup:

```
void setup(){
    TRISB=0X00; //El puerto de salida led
    PORTB=0X00;
    TRISD=0X00; //El puerto es salida relay
    PORTD=0X00;
    ADCON1=0b00000110;
    TRISA=0X0F;
```

```

PORTA=0X00;
TRISE=0X00; // Todo el puerto es salida
PORTE=0x00;
} //FIN SET UP

```

### Protocolo:

```
#include <input.c>
```

```
#define KEYHIT_DELAY 5 // in milliseconds
int8 i, counter;
char buffer[35];
```

```

//***** Captura del buffer *****
char timed_getc() {
    long timeout;
    int retval;
    timeout = 0;
    while(!kbhit() && ( ++timeout < (KEYHIT_DELAY*100)))
        delay_us(10);
    if(kbhit()){
        buffer[counter] = getc();
        counter = ++counter;
        retval = counter;
    }
    else
        retval = 0;
    return(retval);
}

```

```

// ***** REALIZA EL CHECKSUM PARA EL CRC 16 *****
//dataLength = Longitud de la trama
//check = si es 1 se solicita comparar con el que llego, de lo contrario es para
enviarlo
bit CRC16(unsigned int dataLength,char check){
    unsigned int CheckSum;
    unsigned int j;
    unsigned char lowCRC;
    unsigned char highCRC;
    unsigned short i;
    CheckSum = 0xFFFF;
    for (j=0; j<dataLength; j++){

```



```

    CheckSum = CheckSum^(unsigned int)buffer[j];
    for(i=8;i>0;i--)
        if((CheckSum)&0x0001)
            CheckSum = (CheckSum>>1)^0xa001;
        else
            CheckSum>>=1;
    }
    highCRC = CheckSum>>8;
    CheckSum<<=8;
    lowCRC = CheckSum>>8;
    if (check==1){
        if ( (buffer[dataLength+1] == highCRC) & (buffer[dataLength] == lowCRC ))
            return 1;
        else
            return 0;
    }
    else{
        buffer[dataLength] = lowCRC;
        buffer[dataLength+1] = highCRC;
        return 1;
    }
}
} //fin bit CRC16

```

```

//***** funcion error *****

```

```

unsigned char check_error(){

// BUSCA POSIBLES FALLOS EN LA TRANSMISION
// buffer[0]    buffer[1]    buffer[2]    buffer[3] buffer[4]
//| Dirección | ("S" start)ó(Tipo) | ("Q" question)o (dato) | CRC L | CRC H |

    if(buffer[1] == 'S' && buffer[2] == 'Q' && CRC16(counter - 2,1))
        return 0;
    if(buffer[1] == 'O' && CRC16(counter - 2,1) )
        return 1; //OK
}

```

```

void protocolo(){
    int detec_tipo_y_error = 0;
    int status;
    int value;
    status=1;
    while(!kbhit());
    while(status==1)

```

```

    {
        value = timed_getc();
        if(value == 0)
            status = 0;
        else
        {
            status = 1;
        }
    }
    detec_tipo_y_error = check_error();
    if(detec_tipo_y_error == 1 && dir_esclavo == buffer[0]){
        PORTD = buffer[2];
        PORTB = buffer[2];
        buffer[0] = 0;
        buffer[1] = 0X4F;
        buffer[2] = PORTD;
        CRC16(3,0);
        RE0 = 1;
        for(i = 0; i < 5; ++i){
            fputc(buffer[i]);
        }
        delay_ms(4);
        RE0 = 0;
    }else if(detec_tipo_y_error == 0 && dir_esclavo == buffer[0]){
        buffer[0] = 0;
        buffer[1] = dir_esclavo;
        buffer[2] = 0X4F;
        CRC16(3,0);
        RE0 = 1;
        for(i = 0; i < 5; ++i){
            fputc(buffer[i]);
        }
        delay_ms(4);
        RE0 = 0;
    }
    counter = 0;
}

```

## Anexo B. Código de programa del modulo de entradas discretas.

### Principal:

```
#include <16F877A.h>
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock = 4000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)

int8 dir_esclavo;

// Activa libreria del puerto serial
#include <Mis_variables.h> //libreria donde se nombro variables propias.
#include <Setup.h> // libreria de inicio del micro.
#include <Protocolo.h> // libreria de comunicación

#INT_RDA
void serial_isr(){
    protocolo();
}
void main(){
    setup(); // Inicia el micro
    enable_interrupts(global); //Activa las interrupciones del micro
    enable_interrupts(INT_RDA); //Activa la interrupcion de comunicacion Serial
    dir_esclavo = PORTA;
    while(TRUE){

    }
}
```

### Setup:

```
void setup(){
    TRISB=0XFF; //El puerto de salida led
    TRISD=0XFF; //El puerto es salida relay
    ADCON1=0b00000110;
    TRISA=0X0F;
    PORTA=0X00;
    TRISE=0X00; // Todo el puerto es salida
    PORTE=0x00;
} //FIN SETUP
```

### Protocolo:

```
#include <input.c>
```

```

#define KEYHIT_DELAY 5 // in milliseconds
int8 i, counter;
char buffer[35];

//***** Captura del buffer *****
char timed_getc() {
    long timeout;
    int retval;
    timeout = 0;
    while(!kbhit() && ( ++timeout < (KEYHIT_DELAY*100)))
        delay_us(10);
    if(kbhit()){
        buffer[counter] = getc();
        counter = ++counter;
        retval = counter;
    }
    else
        retval = 0;
    return(retval);
}

// ***** REALIZA EL CHECKSUM PARA EL CRC 16 *****
//dataLength = Longitud de la trama
//check = si es 1 se solicita comparar con el que llego, de lo contrario es para
enviarlo
bit CRC16(unsigned int dataLength,char check){
    unsigned int CheckSum;
    unsigned int j;
    unsigned char lowCRC;
    unsigned char highCRC;
    unsigned short i;
    CheckSum = 0xFFFF;
    for (j=0; j<dataLength; j++){
        CheckSum = CheckSum^(unsigned int)buffer[j];
        for(i=8;i>0;i--){
            if((CheckSum)&0x0001)
                CheckSum = (CheckSum>>1)^0xa001;
            else
                CheckSum>>=1;
        }
    }
    highCRC = CheckSum>>8;
    CheckSum<<=8;

```

```

lowCRC = CheckSum>>8;
if (check==1){
    if ( (buffer[dataLength+1] == highCRC) & (buffer[dataLength] == lowCRC ))
        return 1;
    else
        return 0;
}
else{
    buffer[dataLength] = lowCRC;
    buffer[dataLength+1] = highCRC;
    return 1;
}
} //fin bit CRC16

```

```

//***** funcion error *****

```

```

unsigned char check_error(){

// BUSCA POSIBLES FALLOS EN LA TRANSMISION
// buffer[0]    buffer[1]    buffer[2]    buffer[3] buffer[4]
/// Dirección | ("S" start)ó(Tipo) | ("Q" question)o (dato) | CRC L | CRC H |

    if(buffer[1] == 'S' && buffer[2] == 'Q' && CRC16(counter - 2,1))
        return 0;
    if(buffer[1] == 'I' && CRC16(counter - 2,1) )
        return 1; //OK
}

```

```

void protocolo(){
    int detec_tipo_y_error = 0;
    int status;
    int value;
    status=1;
    while(!kbhit());
    while(status==1)
    {
        value = timed_getc();
        if(value == 0)
            status = 0;
        else
        {
            status = 1;
        }
    }
}

```

```

detec_tipo_y_error = check_error();
if(detec_tipo_y_error == 1 && dir_esclavo == buffer[0]){
    buffer[0] = 0;
    buffer[1] = PORTB;
    buffer[2] = PORTD;
    CRC16(3,0);
    RE0 = 1;
    for(i = 0; i < 5; ++i){
        fputc(buffer[i]);
    }
    RE0 = 0;
}else if(detec_tipo_y_error == 0 && dir_esclavo == buffer[0]){
    buffer[0] = 0;
    buffer[1] = dir_esclavo;
    buffer[2] = 0X49;
    CRC16(3,0);
    RE0 = 1;
    for(i = 0; i < 5; ++i){
        fputc(buffer[i]);
    }
    RE0 = 0;
}
counter = 0;
}

```

## Anexo C. Código de programa del modulo de entradas analógicas.

### Principal:

```
#include <16F877A.h>
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock = 4000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)

int8 dir_esclavo;
int8 est_ayu = 0;

// Activa libreria del puerto serial
#include <Mis_variables.h> //libreria donde se nombro variables propias.
#include <Setup.h> // libreria de inicio del micro.
#include <Analogos.h>
#include <Protocolo.h> // libreria de comunicación

int8 time = 0;

#INT_RDA
void serial_isr(){
    protocolo();
    est_ayu = 0;
    RB0 = 0;
}

#int_rtcc
void clock_isr(){
    time = ++time;
    if(time > 17){
        time = 0;
        if(est_ayu == 1 && RB0 == 0){
            RB0 = 1;
        }
        if(est_ayu == 0 && RB0 == 0){
            est_ayu = 1;
        }
    }
}

//*****Inicio del Programa Principal*****
```

```

void main(){
    setup(); // Inicia el micro
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    #priority rda, rtcc
    enable_interrupts(global); //Activa las interrupciones del micro
    enable_interrupts(INT_RDA); //Activa la interrupcion de comunicacion Serial
    enable_interrupts(INT_TIMER0);
    HELP = PORTD;
    HELP_7 = HELP_3;
    HELP_6 = HELP_2;
    HELP_5 = HELP_1;
    HELP_4 = HELP_0;
    HELP_3 = HELP_7;
    HELP_2 = HELP_6;
    HELP_1 = HELP_4;
    HELP_0 = HELP_5;
    HELP_7 = 0;
    HELP_6 = 0;
    HELP_5 = 0;
    HELP_4 = 0;
    dir_esclavo = HELP;
    INICIO_PROGRAM

    END_PROGRAM
}

```

### **Setup:**

```

void setup(){
    TRISB=0X00; //El puerto
    PORTB=0X00;
    TRISD=0X0F; //El puerto
    PORTD=0X00;
    ADCON1=0x85;
    TRISA=0X09; //El puerto
    PORTA=0X00;
    TRISE=0X00; // Todo el puerto es salida
    PORTE=0x00;
    set_timer0(0);
    setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_256 | RTCC_8_BIT);
} //FIN SETUP

```

### **Protocolo:**



```

#include <input.c>

#define KEYHIT_DELAY 5 // in milliseconds
int8 i, counter;
char buffer[35];

//***** Captura del buffer *****
char timed_getc() {
    long timeout;
    int retval;
    timeout = 0;
    while(!kbhit() && ( ++timeout < (KEYHIT_DELAY*100)))
        delay_us(10);
    if(kbhit()){
        buffer[counter] = getc();
        counter = ++counter;
        retval = counter;
    }
    else
        retval = 0;
    return(retval);
}

// ***** REALIZA EL CHECKSUM PARA EL CRC 16 *****
//dataLength = Longitud de la trama
//check = si es 1 se solicita comparar con el que llego, de lo contrario es para
enviarlo
bit CRC16(unsigned int dataLength,char check){
    unsigned int CheckSum;
    unsigned int j;
    unsigned char lowCRC;
    unsigned char highCRC;
    unsigned short i;
    CheckSum = 0xFFFF;
    for (j=0; j<dataLength; j++){
        CheckSum = CheckSum^(unsigned int)buffer[j];
        for(i=8;i>0;i--){
            if((CheckSum)&0x0001)
                CheckSum = (CheckSum>>1)^0xa001;
            else
                CheckSum>>=1;
        }
    }
    highCRC = CheckSum>>8;

```

```

Checksum<=8;
lowCRC = CheckSum>>8;
if (check==1){
    if ( (buffer[dataLength+1] == highCRC) & (buffer[dataLength] == lowCRC ))
        return 1;
    else
        return 0;
}
else{
    buffer[dataLength] = lowCRC;
    buffer[dataLength+1] = highCRC;
    return 1;
}
} //fin bit CRC16

```

```

//***** funcion error *****

```

```

unsigned char check_error(){

// BUSCA POSIBLES FALLOS EN LA TRANSMISION
// buffer[0]    buffer[1]    buffer[2]    buffer[3] buffer[4]
//| Dirección | ("S" start)ó(Tipo) | ("Q" question)o (dato) | CRC L | CRC H |

    if(buffer[1] == 'S' && buffer[2] == 'Q' && CRC16(counter - 2,1))
        return 0;
    if(buffer[1] == 'A' && buffer[2] == 'Q' && CRC16(counter - 2,1) )
        return 1; //OK
}

```

```

void protocolo(){
    int detec_tipo_y_error = 0;
    int status;
    int value;
    status=1;
    while(!kbhit());
    while(status==1)
    {
        value = timed_getc();
        if(value == 0)
            status = 0;
        else
        {
            status = 1;
        }
    }
}

```

```

    }
    detec_tipo_y_error = check_error();
    if(detec_tipo_y_error == 1 && dir_esclavo == buffer[0]){
        buffer[0] = 0;
        buffer[1] = IA0H;
        buffer[2] = IA0L;
        buffer[3] = IA1H;
        buffer[4] = IA1L;
        buffer[5] = IA2H;
        buffer[6] = IA2L;
        buffer[7] = IA3H;
        buffer[8] = IA3L;
        buffer[9] = IA4H;
        buffer[10] = IA4L;
        buffer[11] = IA5H;
        buffer[12] = IA5L;
        buffer[13] = IA6H;
        buffer[14] = IA6L;
        buffer[15] = IA7H;
        buffer[16] = IA7L;
        CRC16(17,0);
        for(i = 0; i < 19; ++i){
            fputc(buffer[i]);
        }
    }else if(detec_tipo_y_error == 0 && dir_esclavo == buffer[0]){
        buffer[0] = 0;
        buffer[1] = dir_esclavo;
        buffer[2] = 0X41;
        CRC16(3,0);
        for(i = 0; i < 5; ++i){
            fputc(buffer[i]);
        }
    }
    counter = 0;
}

```

### **Analogos:**

```

int16 ADRESHH,ADRESL_0,ADRESL_1,ADRESL_2, ADRESL_3;
int8 IA0H, IA0L, IA1H, IA1L, IA2H, IA2L, IA3H, IA3L;
int16 ADRESL_4,ADRESL_5,ADRESL_6, ADRESL_7;
int8 IA4H, IA4L, IA5H, IA5L, IA6H, IA6L, IA7H, IA7L;
int8 set_channel;
/* Estas variables guardan la parte alta y baja de cada canal
   analogo y enviarlo por el canal de comunicacion

```

```

*/

// Matrix donde se guarda el dato completo de canala analogo

#define LOOP_PLC while(1)
#define Z 0x2

//***** RUTINA DELAY_MS *****

#define delay_ms(time) delay_msx(time)

void delay_msx(int time){
    unsigned int i,j;
    for (i = 0; i <= time; i++){
        j= 1000;
        while (j) j--;
    }
}

//***** RUTINA INICIO_PLC *****

#define INICIO_PROGRAM while(true) \
    { \

//***** RUTINA LEER UN CANAL ANALOGO *****
//ADCON0 =  ADCS1  ADCS0  CHS2  CHS1  CHS0  GO/DONE  -
ADON
//ADCON1 =  ADFM  ADCS2  -  -  PCFG3  PCFG2  PCFG1
PCFG0
#define FOSC_8 01

void ADC()
{
    if(!GO_DONE){
        ADRESHH = ADRESH;
        ADRESHH = ADRESHH<<8;
        switch(set_channel){
            case 0x00:
                PORTE = 0x01;
                ADRESL_0 = (ADRESL+ADRESL_0)/2; //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO

```

```

        IA0L = ADRESL_0;
        IA0H = ADRESH;
        set_channel = 0x01;
        break; //01

    case 0x01:
        PORTE = 0x02;
        ADRESL_1 = (ADRESL+ADRESL_1)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO
        IA1L = ADRESL_1;
        IA1H = ADRESH;
        set_channel = 0x02;
        break; //02

    case 0x02:
        PORTE = 0x03;
        ADRESL_2 = (ADRESL+ADRESL_2)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO
        IA2L = ADRESL_2;
        IA2H = ADRESH;
        set_channel = 0x03;
        break; //03

    case 0x03:
        PORTE = 0x04;
        ADRESL_3 = (ADRESL+ADRESL_3)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO
        IA3L = ADRESL_3;
        IA3H = ADRESH;
        set_channel = 0x04;
        break; //04

    case 0x04:
        PORTE = 0x05;
        ADRESL_4 = (ADRESL+ADRESL_4)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO
        IA4L = ADRESL_4;
        IA4H = ADRESH;
        set_channel = 0x05;
        break; //05

    case 0x05:
        PORTE = 0x06;
        ADRESL_5 = (ADRESL+ADRESL_5)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO

```

```

        IA5L = ADRESL_5;
        IA5H = ADRESH;
        set_channel = 0x06;
        break; //06

    case 0x06:
        PORTE = 0x07;
        ADRESL_6 = (ADRESL+ADRESL_6)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO
        IA6L = ADRESL_6;
        IA6H = ADRESH;
        set_channel = 0x07;
        break; //07

    case 0x07:
        PORTE = 0x00;
        ADRESL_7 = (ADRESL+ADRESL_7)/2;    //PROMEDIA PARA ELIMINAR
RUIDO
        IA7L = ADRESL_7;
        IA7H = ADRESH;
        set_channel = 0x00;
        break; //00

    }
    ADCON0 = 0b01000101;    //(ADCON0&0x00 | canal<<1|1) ;    //configura
la velocidad, el canal y enciende el conversor
    ADCON1 = 0X85;    /*    Analogas-
RA0/RA1/RA2/RA3/RA4/RA5/RE0/RE1/RE2 alineadas a la izquierda    */
    delay_us(500);
    #asm
    nop
    nop
    nop
    nop
    #endasm
    ADON = 1;
    GO_DONE = 1;

}

}

} // fin ADC

```

```
//***** RUTINA  END_PLC  *****  
  
#define END_PROGRAM  END_PROGRAM_X();}  
  
void END_PROGRAM_X(){  
  
    ADC();  
  
} //FIN END PLC
```